



LUIS CLEPF PASSOS

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE
INSETICIDAS RECOMENDADOS NO
CONTROLE DE *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)
(LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) PARA O
PREDADOR *Macrolophus basicornis* (Stal, 1860)
(HEMIPTERA: MIRIDAE)**

LAVRAS - MG

2016

LUIS CLEPF PASSOS

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE INSETICIDAS RECOMENDADOS
NO CONTROLE DE *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (LEPIDOPTERA:
GELECHIIDAE) PARA O PREDADOR *Macrolophus basicornis* (Stal,
1860) (HEMIPTERA: MIRIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Manejo Integrado de Pragas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Geraldo Andrade Carvalho

LAVRAS - MG

2016

LUIS CLEPF PASSOS

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE INSETICIDAS RECOMENDADOS
NO CONTROLE DE *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (LEPIDOPTERA:
GELECHIIDAE) PARA O PREDADOR *Macrolophus basicornis* (Stal,
1860) (HEMIPTERA: MIRIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Manejo Integrado de Pragas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2016.

Dra. Lenira Viana Costa Santa Cecília EPAMIG

Dra. Dejjane Alves Santos UFLA

Orientador

Dr. Geraldo Andrade Carvalho

LAVRAS - MG

2016

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de realização de minha graduação e mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Geraldo Andrade Carvalho, pelos ensinamentos e orientação durante a realização deste trabalho.

Aos colegas e funcionários do Departamento de Entomologia, em especial aos do Laboratório de Ecotoxicidade de Inseticidas, pela amizade e ajuda na realização desta dissertação.

Aos membros da banca avaliadora, pelas críticas e sugestões visando a melhoria deste trabalho.

Aos meus pais, Luciano e Patrícia, e ao meu irmão Miguel por todo o apoio e confiança depositada em mim.

À Marina, pelo amor, amizade e companheirismo.

A todos amigos e parentes que, direta ou indiretamente, foram responsáveis pelo meu crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

A fim de obter informações que possam contribuir para a integração dos métodos químico e biológico no controle da traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae), o objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade de cinco inseticidas (teflubenzuron, abamectina, clorraniliprole, clorfenapir e cloridrato de cartape) recomendados para o controle desta praga para o predador *Macrolophus basicornis* (Stal, 1860) (Hemiptera: Miridae), sob a hipótese que teflubenzuron e clorraniliprole fossem menos nocivos. Foram realizados experimentos em laboratório para avaliar a mortalidade causada pelos produtos sobre o predador, sendo um experimento em substrato inerte utilizando ninfas, e dois utilizando folhas de tomateiro (laboratório expandido), um com ninfas e outro com adultos do predador, e também avaliou-se a mortalidade causada pelos produtos em condições de casa-de-vegetação (semicampo) sobre ninfas do predador. Além disso, foi feita a avaliação da persistência dos produtos para ninfas do predador. Em cada bioensaio, os inseticidas foram enquadrados em classes de toxicidade e persistência segundo a IOBC. O inseticida abamectina foi classificado como nocivo para ninfas e adultos de *M. basicornis*. Clorfenapir apresentou efeito letal semelhante à abamectina, exceto no bioensaio em substrato inerte, em que foi considerado inócuo. Cloridrato de cartape foi levemente nocivo em substrato inerte e laboratório expandido para adultos, mas nocivo para ninfas em laboratório expandido e moderadamente nocivo em semicampo. Clorraniliprole e teflubenzuron foram inócuos, exceto no teste de laboratório expandido com ninfas, devendo ser preferidos em programas de manejo da traça-do-tomateiro visando a preservação de *M. basicornis*.

Palavras-chave: Traça-do-tomateiro. Produtos fitossanitários. Toxicidade. Controle biológico.

ABSTRACT

In order to obtain information that may contribute to the integration of the biological and chemical methods in the control of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae), the aim of this study was to evaluate the toxicity of five insecticides (teflubenzuron, abamectin, chlorantraniliprole, chlorfenapyr and cartap hydrochloride) recommended for the control of this pest to the predator *Macrolophus basicornis* (Stal, 1860) (Hemiptera: Miridae), under the hypothesis that teflubenzuron and chlorantraniliprole. Laboratory experiments were conducted to evaluate the mortality caused by the products on the predator, being an experiment in an inert substrate using nymphs, and two with tomato leaves (extended laboratory), with nymphs and adults of the predator, and was also evaluated the mortality caused by the products in greenhouse conditions (semifield). Moreover, the persistence of the products to the predator's nymphs was also evaluated. In each bioassay insecticides were classified in toxicity classes according to IOBC. Abamectin was classified as toxic to nymphs and adults of *M. basicornis* in all bioassays. Chlorfenapyr showed similar lethal effect to abamectin, except on the bioassay in inert substrate, in which was considered harmless. Cartap hydrochloride was slightly harmful on inert surface and expanded laboratory for adults, but was harmful to nymphs in extended laboratory and moderately harmful in semifield. Chlorantraniliprole and teflubenzuron were harmless, except in the extended laboratory test with nymphs, and should be preferred in tomato leafminer pest management programs aiming the preservation of *M. basicornis*.

Keywords: Tomato leafminer. Phytosanitary products. Toxicity. Biological control.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 HIPÓTESES.....	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4.1 Aspectos bioecológicos e distribuição geográfica de <i>T. absoluta</i>.....	13
4.2 Manejo de <i>T. absoluta</i> em cultivos de tomateiro.....	15
4.3 Mirídeos usados no controle de <i>T. absoluta</i>.....	18
4.4 Aspectos bioecológicos de <i>M. basicornis</i>.....	21
4.5 Seletividade de produtos químicos a inimigos naturais.....	22
4.6 Características químicas e do modo de ação dos inseticidas avaliados	24
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5.1 Obtenção de <i>M. basicornis</i>.....	27
5.2 Tratamentos avaliados.....	27
5.3 Efeito dos inseticidas sobre ninfas de terceiro ínstar do predador expostas em substrato inerte contaminado em laboratório.....	29
5.4 Efeito dos inseticidas sobre ninfas de terceiro ínstar do predador em condições de laboratório expandido.....	31
5.5 Efeito dos inseticidas sobre adultos do predador em condições de laboratório expandido.....	32
5.6 Avaliação da persistência dos inseticidas para ninfas do predador.....	32
5.7 Efeito dos inseticidas sobre ninfas em condições de casa de vegetação (semicampo).....	33
5.8 Classificação dos inseticidas de acordo com a IOBC.....	34
5.9 Análise dos dados obtidos.....	35
6 RESULTADOS.....	35

6.1 Efeito dos inseticidas sobre ninfas de terceiro ínstar do predador expostas em substrato inerte contaminado em laboratório.....	35
6.2 Efeito dos inseticidas sobre ninfas de terceiro ínstar do predador em condições de laboratório expandido.....	38
6.3 Efeito dos inseticidas sobre adultos do predador em condições de laboratório expandido.....	41
6.4 Avaliação da persistência dos inseticidas para ninfas do predador.....	44
6.5 Efeito dos inseticidas sobre ninfas em condições de casa de vegetação (semi campo).....	45
7 DISCUSSÃO.....	47
8 CONCLUSÃO.....	52
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro, *Solanum lycopersicum* L., é uma solanácea originária da América do Sul, mais precisamente das regiões andinas, e atualmente é cultivado em diversos países devido ao seu bom desenvolvimento em amplo espectro de latitude, temperatura, tipos de substrato e métodos de cultivo (ALVARENGA, 2013). Neste cenário, o Brasil aparece como oitavo maior produtor desta hortaliça, atrás de China, Índia, Estados Unidos, Turquia, Egito, Irã e Itália, com produção de 4,18 milhões de toneladas do fruto (FAOSTAT, 2013). Na safra de 2014, o Brasil produziu 4,29 milhões de toneladas do fruto em uma área de 65 mil hectares, sendo os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais os maiores produtores (IBGE, 2015).

Um dos grandes problemas relacionados ao cultivo do tomateiro é o ataque de pragas, que ocorre durante todo o ciclo da planta. Devido à área foliar e o microclima favorável criado pela planta do tomateiro, diversos insetos fitófagos são atraídos para estas plantas, muitas vezes causando expressivas perdas na produção (SILVA et al., 2013). Dentre as pragas desta cultura, destaca-se a traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae), que, assim como o tomateiro, é uma espécie nativa da América do Sul e está presente em várias partes do mundo (DESNEUX et al., 2011). Esta praga pode se alimentar de toda a parte aérea da planta de tomateiro, causando danos indiretos quando se alimenta de folhas, reduzindo a área fotossintética da planta de tomateiro e conseqüentemente resultando em menor produção de tomate, e diretos, quando se alimenta dos frutos, tornando-os inviáveis para comercialização (BOGORNÍ et al., 2003; DESNEUX et al., 2010; TROPEA GARZIA et al., 2012). Se não controlada, a traça-do-tomateiro pode causar perda total na produção de tomate (URBANEJA et al., 2012).

No Brasil utiliza-se principalmente o método químico no controle de pragas na cultura do tomateiro. Isto ocorre principalmente devido à grande variedade de insetos fitófagos que incidem sobre a cultura, e também devido às condições tropicais, que aceleram o desenvolvimento de populações de pragas (BUENO et al., 2013a). A presença da traça-do-tomateiro é determinante na utilização predominante do método químico, visto que desde seu aparecimento em cultivos de tomateiro no Brasil, no final da década de 70, houve grande aumento no uso de inseticidas, que passou de 10 a 12 aplicações para aproximadamente 30 em um ciclo comercial de 60 dias (GUEDES & PICANÇO, 2012).

Devido a seu rápido aumento populacional e alta capacidade de adaptação a diferentes ambientes, a traça-do-tomateiro se espalhou por diversos países do mundo (DESNEUX et al., 2011). Na Europa, o primeiro relato da traça-do-tomateiro foi em 2006, na Espanha, e logo se dispersou para outros países europeus, causando grandes perdas na produção (DESNEUX et al., 2010). Para seu controle, iniciou-se o uso dos percevejos predadores *Nesidiocoris tenuis* Reuter, 1895 e *Macrolophus pygmaeus* Rambur, 1839 (Hemiptera: Miridae), que já vinham sendo produzidos em grande escala e utilizados no controle de outras pragas da cultura do tomateiro, como afídeos e a mosca-branca *Bemisa tabaci* Genn., 1889 (Hemiptera: Aleyrodidae) (URBANEJA et al., 2012; VAN LENTEREN, 2011).

No Brasil trabalhos relacionados com a utilização de insetos predadores visando ao controle de *T. absoluta* na cultura do tomateiro são escassos. Entretanto, com o sucesso no uso de mirídeos predadores na Europa, pesquisas destacaram espécies nativas da América do Sul com potencial para serem empregadas como agentes de controle da traça-do-tomateiro no Brasil, dentre elas a espécie *Macrolophus basicornis* (Stal, 1860) (Hemiptera: Miridae) (BUENO et al., 2012; BUENO et al., 2013a).

Este predador sobrevive em plantas de tomateiro pois é zoofitófago, ou seja, se alimenta necessariamente de presas e da planta durante todo seu ciclo de vida, sendo assim se estabelece e reproduz em áreas produtoras de tomate. Além disto, *M. basicornis* consegue caminhar e buscar ovos de *T. absoluta* em plantas de tomateiro, mesmo com a presença de tricomas nas plantas, e também consegue preda as lagartas da traça-do-tomateiro no interior do mesófilo foliar, e apresenta alta taxa de predação de ovos, curto período de desenvolvimento e baixa mortalidade de fases imaturas (BUENO et al, 2012; BUENO et al., 2013a). Em adição, *M. basicornis* é um predador generalista, ou seja, pode se alimentar de outras pragas presentes em cultivos de tomateiro, como afídeos e lagartas de outros lepidópteros (HENRY & HERNANDEZ, 2010). Desta forma, este predador se destaca como um potencial agente de controle biológico de *T. absoluta* no Brasil.

No entanto, devido ao predominante uso do método químico nesta cultura, tanto para o controle de *T. absoluta* quanto para outras pragas, deve-se avaliar os efeitos causados pelos inseticidas sobre *M. basicornis*, para que se possa determinar produtos seletivos para este predador, ou seja, que causem mortalidade sobre as pragas mas não afetem os inimigos naturais (DEGRANDE et al., 2002; FOERSTER, 2002). Apesar das pesquisas realizadas a respeito de mirídeos predadores no Brasil, nenhum trabalho foi feito visando a determinação de produtos seletivos para estes predadores. Isto é de suma importância, pois o sucesso de *M. basicornis* pode ser inviabilizado se estes insetos forem liberados em áreas onde utilizam produtos que causem efeitos negativos sobre este predador (BUENO et al., 2013a).

Tendo em vista que *M. basicornis* tem potencial para ser utilizado no controle de *T. absoluta*, e que é necessário determinar o impacto causado pelos inseticidas sobre este inimigo natural visando sua liberação em cultivos de tomateiro, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade fisiológica de

inseticidas utilizados para o controle de *T. absoluta* na cultura do tomateiro para o predador *M. basicornis*, viabilizando assim a integração entre os métodos químico e biológico no controle da traça-do-tomateiro.

2 HIPOTHESES

- Os inseticidas abamectina, clorfenapir e cloridrato de cartape são tóxicos para o predador *M. basicornis* em todas as condições de exposição;
- Os inseticidas teflubenzuron e clorantraniliprole são inócuos para o predador *M. basicornis* em todas as condições de exposição;
- Teflubenzuron e clorantraniliprole apresentam menor persistência que os demais tratamentos.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito de inseticidas utilizados para o controle de *T. absoluta* na cultura do tomateiro sobre ninfas do predador *M. basicornis* em substrato inerte em condições de laboratório;
- Avaliar a sobrevivência de ninfas de *M. basicornis* quando expostas a substrato vegetal (folíolos de tomateiro) após imersão em calda inseticida em condições de laboratório;
- Avaliar a sobrevivência de adultos de *M. basicornis* quando expostos a substrato vegetal (folíolos de tomateiro) após imersão em calda inseticida em condições de laboratório;

- Determinar a persistência dos inseticidas em plantas de tomateiro para ninfas do predador *M. basicornis*;
- Avaliar o efeito dos inseticidas sobre ninfas de *M. basicornis* em condições de casa de vegetação (semicampo).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Aspectos bioecológicos e distribuição geográfica de *T. absoluta*

A *T. absoluta*, também chamada de traça-do-tomateiro, é um lepidóptero pertencente à família Gelechiidae, originário da América do Sul, e é considerada praga-chave na cultura do tomateiro, além de atacar outras solanáceas, como berinjela, batata e pimentão (ZUCCHI et al., 1993). Esta praga foi inicialmente relatada no Brasil no final da década de 1970 em áreas de cultivo aberto, e posteriormente cultivos em casas de vegetação (GUEDES & PICANÇO, 2012).

As lagartas de *T. absoluta* possuem coloração verde e têm uma mancha parda no dorso. Formam galerias em diversas partes da planta de tomate, como folhas, ramos e gemas apicais, onde destroem brotações novas (HAJI, 1982). As lagartas pupam nos restos vegetais, protegidas por um casulo de seda. As pupas possuem coloração marrom, das quais emergem os adultos. O adulto é uma mariposa de coloração cinzenta de aproximadamente 10 mm de envergadura, e sua fêmea pode ovipositar em média 55 ovos (HAJI et al., 1988; VILLAS BÔAS et al., 2009). Além do ataque da lagarta, foi relatado o forrageamento de folhas do tomateiro por adultos de *T. absoluta* através da inserção da probóscida no tecido foliar, que apesar de não causar danos econômicos pode desencadear interações entre a planta e a traça-do-tomateiro, como por exemplo pode alterar

a aceitação da planta hospedeira ou estimular a oviposição sobre a planta (BAETAN et al., 2015).

O ciclo biológico da *T. absoluta* dura aproximadamente 38 dias, podendo haver gerações consecutivas desta praga em áreas onde o tomateiro é cultivado durante todo o ano, favorecendo seu aumento populacional e dispersão para novas áreas de cultivo (HAJI et al, 1988; DESNEUX et al., 2010; GUEDES & PIKANÇO, 2012).

A traça-do-tomateiro ataca principalmente folhas e frutos em qualquer estágio de desenvolvimento, mas também pode se alimentar de caules, brotos e flores, causando portanto danos indiretos (reduzindo a área fotossintética da planta, implicando em menor produção de frutos) e diretos (ataque direto ao fruto, tornando-o inviável para comercialização) (ARNÓ & GABARRA, 2011). Em adição, os danos causados pelas lagartas favorecem a entrada de patógenos secundários na planta de tomateiro, que podem penetrar nos tecidos danificados e causar perdas de produção ainda maiores (TROPEA GARZIA et al., 2012). Na ausência de táticas de controle, a perda de produção dos frutos pode atingir 100% (URBANEJA et al., 2012).

Tuta absoluta foi relatada na Europa em 2006 na Espanha, e nos anos seguintes nas principais áreas produtoras de tomate na costa do Mediterrâneo (DESNEUX et al., 2010). Isto ocorreu apesar dos esforços das agências de controle de pragas, demonstrando a velocidade com que a traça-do-tomateiro consegue expandir sua população quando há recursos disponíveis, fazendo com que, em 2011, 27% de toda área produtora de tomate no mundo estivesse sob o ataque desta praga. Acredita-se que sua introdução em outros continentes esteja associada à importação de frutos de tomate sul-americanos infestados (DESNEUX et al., 2011). Este aumento da população da praga levou ao uso intensivo de inseticidas químicos na Europa, o que acabou comprometendo o manejo integrado de pragas nas lavouras de tomateiro (DESNEUX et al., 2010;

URBANEJA et al., 2012). O fato das lagartas de *T. absoluta* formarem galerias dentro do tecido foliar dificulta a ação da maioria dos inimigos naturais e de inseticidas de contato (TERZIDIS et al., 2014).

Devido ao seu rápido desenvolvimento e alta capacidade de adaptação, é alta a probabilidade de que, no futuro, *T. absoluta* invada outros países produtores de tomate, resultando em um grande aumento nos gastos com manejo desta praga em todo o mundo (DESNEUX et al., 2011; TERZIDIS et al., 2014). O consequente aumento de inseticidas utilizados para controlar esta praga, em especial os de amplo espectro, pode causar diversos efeitos colaterais, afetando negativamente inimigos naturais utilizados em programas de manejo integrado em plantios de tomate e assim comprometendo a sustentabilidade destes programas (ARNÓ & GABARRA, 2011; URBANEJA et al., 2012). Além disto, *T. absoluta* possui uma rápida capacidade de seleção de populações resistentes para inseticidas convencionais (LIETTI et al., 2005; GUEDES & PICANÇO, 2012). Sendo assim, é necessário considerar alternativas para a proteção das plantas de tomateiro contra *T. absoluta* (MORENO et al., 2011; TERZIDIS et al., 2014).

4.2 Manejo de *T. absoluta* em cultivos de tomateiro

Diversos métodos de controle, de forma isolada ou em integração, devem ser empregados visando ao controle da traça-do-tomateiro. Devem ser levadas em consideração táticas culturais, como a eliminação de restos culturais e plantas hospedeiras (como outras solanáceas), rotação de culturas e cultivo de plantas para atração de inimigos naturais (por exemplo, sorgo gramíneo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Poaceae), bem como mecânicas, como higienização das caixas de coleta de frutos (SILVA et al., 2013). A utilização de feromônio sexual sintético no manejo de *T. absoluta* pode ser eficiente quando a

população da praga for baixa (TERZIDIS et al., 2014). Pequenos septos de borracha são impregnados com feromônio sexual e dispostos em armadilhas do tipo “delta” contendo cartelas adesivas, nas quais os adultos atraídos são capturados. Esta estratégia pode ser usada tanto para monitoramento da praga quanto para coleta massal (FERRARA et al., 2001).

O desenvolvimento de cultivares resistentes à traça-do-tomateiro é uma estratégia promissora; entretanto, ainda não há cultivares que apresentem resistência a *T. absoluta* disponíveis no mercado, visto que ainda se encontram em fases de testes (OLIVEIRA et al., 2012).

Há ainda pesquisas com extratos vegetais com resultados promissores, como alcmidas isoladas da planta de Jambu, *Acmella oleracea* L. (Asteraceae) que apresentaram atividade inseticida contra a traça-do-tomateiro, além de apresentarem seletividade a organismos não alvo, podendo ser utilizados futuramente no controle da traça-do-tomateiro (MORENO et al., 2012).

Dentro das diversas táticas de manejo, o controle químico ainda é o mais utilizado visando ao controle de *T. absoluta* em tomateiro. Após a ocorrência de traça-do-tomateiro no Brasil e sua rápida dispersão por todo o país, o custo de produção do tomate triplicou devido à intensa utilização de inseticidas sintéticos para seu controle, muitas vezes baseada em calendários de aplicação, ou seja, sem nenhum tipo de amostragem para determinação da necessidade de seu uso (GUEDES & PICANÇO, 2012).

Com os avanços das pesquisas e crescimento na implementação de programas de manejo integrado da *T. absoluta*, táticas de baixo impacto ambiental de controle de pragas vêm sendo utilizadas visando reduzir a utilização de pesticidas sintéticos. Entretanto, em muitos países os pesticidas ainda são utilizados em larga escala e de maneira incorreta, podendo prejudicar a saúde humana e ecossistemas nativos, além de aumentar os custos de produção e acelerar a seleção de populações resistentes, resultando em uma menor eficácia

de controle (GUEDES & PICANÇO, 2012; HARDY, 2014; TERZIDIS et al., 2014). Caso outras táticas de controle não sejam empregadas, deve-se adotar o critério de rotação de inseticidas pertencentes a diferentes grupos químicos no controle de *T. absoluta*, visando minimizar o risco de seleção de populações resistentes desta praga (GUEDES & PICANÇO, 2012).

Em vista de todos os problemas relacionados à utilização do controle químico, o desenvolvimento e conservação de táticas de controle que sejam menos dependentes do uso de inseticidas sintéticos são essenciais para o manejo integrado da traça-do-tomateiro, entre elas o controle biológico (TERZIDIS et al., 2014). A utilização do controle biológico possui vantagens em relação ao químico como não resistência de pragas e ausência de resíduos em produtos vegetais (VAN LENTEREN, 2011). Os serviços prestados por inimigos naturais no controle de pragas apenas nos dos Estados Unidos são estimados em 4,49 bilhões de dólares (LOSEI & VAUGHAN, 2006).

A utilização de inimigos naturais no controle biológico da traça-do-tomateiro ainda é pouco expressiva no Brasil. Inicialmente considerou-se a utilização do percevejo *Podisus nigrispinus* Dallas, 1851 (Hemiptera: Pentatomidae) como agente de controle da traça-do-tomateiro, mas sua utilização se limitou a liberações experimentais devido a sua baixa permanência em cultivos de tomateiro, além de eficiência duvidosa e alto custo em relação a outros métodos de controle (TORRES et al, 2002; GUEDES & PICANÇO, 2012). O único inimigo natural liberado comercialmente para o controle da traça-do-tomateiro no Brasil é o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (SILVA et al., 2013).

O uso de organismos entomopatogênicos no controle da traça-do-tomateiro vem ocorrendo no Brasil por meio da pulverização da bactéria *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* sobre plantas de tomateiro, que atinge especificamente lagartas de lepidópteros, podendo ser utilizada de forma

integrada com o parasitoide *T. pretiosum* (POLANCZIK et al., 2006), e em países da Europa por meio de percevejos predadores (ARNÓ et al., 2009a; MOLLÁ et al., 2011; URBANEJA et al., 2012). Além disso, testes laboratoriais foram realizados utilizando os fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*, onde foi constatado que ambos foram patogênicos a ovos e lagartas de primeiro ínstar da traça-do-tomateiro (PIRES et al., 2010).

4.3 Mirídeos usados no controle de *T. absoluta*

Diversas espécies de predadores nativos são utilizadas com sucesso em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) na Europa, resultando em um controle eficiente de muitas pragas, inclusive *T. absoluta* (URBANEJA et al., 2009). Insetos da família Miridae vêm se destacando como predadores de *T. absoluta*, sendo amplamente comercializados neste continente, em especial os predadores *N. tenuis* e *M. pygmaeus* (ARNÓ & GABARRA, 2011; VAN LENTEREN, 2011). Ambos apresentam zoofitofagia, ou seja, se alimentam obrigatoriamente tanto de presas quanto de plantas, em todos estágios de desenvolvimento, visando obter recursos como água e nutrientes do material vegetal, além de utilizarem a planta como substrato de oviposição, o que favorece sua permanência em áreas cultivadas (ARNÓ & GABARRA, 2011).

Em adição, estes predadores respondem à emissão de voláteis e são atraídos para plantas infestadas com *T. absoluta* (LINS JR et al., 2014). Estes predadores devem ser liberados no início do ciclo do tomateiro, pois demoram cerca de um mês para se estabelecerem no cultivo (GABARRA et al., 2013). Pesquisas recentes consideram ainda o potencial de *Dicyphus marrocanus* Wagner (Hemiptera: Miridae) como agente de controle devido a sua atração por plantas de tomate infestadas com ovos e lagartas nos primeiros ínstares de *T.*

absoluta e sua alta taxa de predação. Entretanto, esta espécie ainda está sendo avaliada, não sendo utilizada comercialmente (MOLLÁ et al., 2010; ABBAS et al., 2014)

O mirídeo *M. pygmaeus* é originário da Europa e, tanto em fase adulta quanto jovem preda ovos da traça-do-tomateiro, sendo que o adulto também preda as lagartas em todos os estádios, mas tem preferência por lagartas nos primeiros ínstaes (URBANEJA et al., 2012). É utilizado em programas de controle biológico desde 1994, em mais de 20 países (VAN LENTEREN, 2011). Observou-se em laboratório que *M. pygmaeus* consumiu em média 30 ovos de *T. absoluta* por dia (URBANEJA et al., 2009). Foi comprovado que *M. pygmaeus* contribuiu de forma expressiva para o menor crescimento de populações de *T. absoluta* em condições de semi campo (NANNINI, 2009) e também foi eficiente em condições de campo (ARNÓ et al., 2009a). Esta espécie está sendo criada de forma massal e liberada em casas de vegetação para o controle de pragas, principalmente para o controle de mosca-branca, *Bemisia* spp. (Hemiptera: Aleyrodidae), da qual é um inimigo natural chave. Entretanto, por se tratar de um predador generalista também contribui para o controle de outros insetos, como afídeos, lepidópteros minadores e tripes (URBANEJA et al., 2012).

Após o aparecimento da *T. absoluta* na Europa, foram elaborados programas de MIP, nos quais produtos seletivos a *M. pygmaeus* (principalmente à base de *Bt*) foram recomendados para seu controle. Foi observado que a incidência de *T. absoluta* reduziu drasticamente em áreas onde foi adotado o MIP utilizando produtos seletivos como estratégia de método químico (incidência 80% menor nas folhas e 95% menor em frutos jovens) (ARNÓ et al., 2009a).

O mirídeo *N. tenuis* também é produzido em grande escala e liberado em plantações de tomateiro na Europa para o controle de mosca-branca (ARNÓ et al., 2009b) e *T. absoluta* (URBANEJA et al., 2012), apresentando sucesso no

controle de ambas pragas. A integração de tratamentos com *Bt* e liberações de *N. tenuis* configura uma estratégia promissora, uma vez que a proteína *Bt* atinge as lagartas e os mirídeos predam, preferencialmente, ovos de *T. absoluta* (MOLLÁ et al., 2011).

Um ponto a ser observado na utilização de *N. tenuis* é seu rápido crescimento populacional em condições ambientais favoráveis (URBANEJA et al., 2012). Este aumento populacional é favorável ao controle de *T. absoluta* e outras pragas, mas a falta de alimento para o predador pode fazer com que os mesmos passem a se alimentar excessivamente da planta de tomate, sugando sua seiva, podendo causar danos à cultura em casos de alta população (ARNÓ et al., 2009b). A solução encontrada para este problema foi a distribuição de ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae) na cultura de tomateiro, para suprir as necessidades nutricionais de *N. tenuis* em períodos de baixa população de suas presas (URBANEJA et al., 2012).

A introdução de *N. tenuis* em cultivos de tomateiro deve ocorrer sobre plântulas de tomate, na proporção de 0,5 inseto por plântula, onde ovipositam e, em seguida, são transplantadas para o local definitivo contendo os ovos do predador (CALVO et al., 2010). Esta estratégia é utilizada em aproximadamente 8.000 hectares de tomateiro cultivados em casa de vegetação na Espanha, apresentando resultados satisfatórios (CALVO et al., 2012).

Outra estratégia promissora consiste na liberação simultânea de predadores da família Miridae e parasitoides como *Neochrysocharis formosa* Westwood, 1833; *Necrmnus* sp. nr. *Artynes* Walker, 1839 e *Stenomesus* cf. *japonicus* Ashmead, 1904 (Hymenoptera: Eulophidae) visando ao controle de *T. absoluta*. As liberações são possíveis devido ao fato destes inimigos naturais atuarem em estágios diferentes de *T. absoluta*, sendo que os mirídeos predam preferencialmente ovos, enquanto estes parasitoides parasitam lagartas e pupas (GABARRA et al., 2013).

Devido ao sucesso da utilização de mirídeos no controle da traça-do-tomateiro na Europa, estudos vêm sendo conduzidos no Brasil com percevejos da mesma família visando sua utilização como agentes de controle biológico da traça-do-tomateiro, com resultados promissores para as espécies *Engytatus varians* Distant, 1884 (Hemiptera: Miridae) e *Campyloneuropsis infumatus* Carvalho, 1947 (Hemiptera: Miridae) e *M. basicornis* (BUENO et al., 2013a).

4.4 Aspectos bioecológicos de *M. basicornis*

Segundo Bueno et al. (2013a) a espécie *M. basicornis* apresenta potencial como agente de controle biológico de *T. absoluta* em programas de MIP da cultura do tomateiro no Brasil. Este predador é um mirídeo originário da América do Sul, sendo encontrado em muitos países do continente, inclusive no Brasil (MELO et al., 2004), e possui capacidade de caminhar sobre plantas de tomateiro e buscar ovos de *T. absoluta* (BUENO et al., 2013b), além de ter sido observado predando afídeos e lagartas de lepidópteros (HENRY & HERNANDEZ, 2010). Em adição a isto, é facilmente criado em laboratório (temperatura ideal de 24°C), e nestas condições apresenta aproximadamente 10 dias de período embrionário, 5 ínstares, 18 dias de período ninfal, mais de 90% de viabilidade de ovos e baixa mortalidade de fases imaturas quando alimentado com ovos de lepidópteros (MONTES, 2013). *M. basicornis* apresenta ainda elevadas taxas de fecundidade (em média 97 ovos/ fêmea) e capacidade de predação de mais de 90 ovos de *T. absoluta* por dia, além de também consegue preda as lagartas da traça-do-tomateiro no interior do mesofilo foliar (BUENO et al., 2012; BUENO et al., 2013a).

O predador *M. basicornis* apresenta ainda vantagens em relação a outros predadores, visto que tem maior mobilidade na planta de tomate quando comparada a *Orius insidiosus* Say, 1832 (Hemiptera: Anthocoridae) e apresenta

maior sobrevivência de fases imaturas e tem período de desenvolvimento mais curto quando comparado com *Geocoris punctipes* Say, 1832 (Hemiptera: Geocoridae) (BUENO et al., 2013b). Entretanto, informações a respeito deste predador ainda são escassas, principalmente no que se refere ao efeito de inseticidas sobre suas fases de desenvolvimento. Este fator deve ser levado em consideração caso *M. basicornis* venha a ser utilizado em programas de MIP do tomateiro, devido à alta diversidade de pragas nesta cultura, e conseqüentemente, ampla gama de inseticidas aplicados no cultivo (ARNÓ & GABARRA, 2011; BUENO et al., 2013a; BUENO et al., 2013b).

4.5 Seletividade de inseticidas a inimigos naturais

A liberação de inimigos naturais (predadores ou parasitoides) combinada com outros métodos de controle é frequentemente utilizada, podendo atingir níveis mais altos de eficiência no controle de pragas, mas é necessário o conhecimento do efeito dos inseticidas sobre estes organismos para que se tenha sucesso em programas de MIP (BACKER et al., 2014). Desta forma, a integração entre agentes de controle biológico e a utilização de compostos químicos seletivos é uma importante estratégia dentro do método químico em programas de MIP (DEGRANDE et al., 2002; FOERSTER, 2002; GONTJO et al., 2014).

A seletividade dos inseticidas aos organismos não alvo pode ocorrer de duas maneiras: (I) seletividade fisiológica: relacionada com a natureza química do inseticida e sua relação com os insetos, o que pode fazer com que o composto mate a praga em uma concentração e não afete negativamente organismos benéficos, envolvendo os processos de absorção, penetração, transporte, ativação e degradação de inseticidas no inseto, e (II) seletividade ecológica: ocorre devido às diferenças ecológicas entre a praga e seus inimigos naturais, ou

seja, está diretamente relacionada com a forma com que o inseticida é aplicado sem atingir o inimigo natural dentro do agroecossistema, levando-se em consideração condições ambientais e diferenciação em tempo e espaço entre a praga e o inimigo natural (CROFT, 1990; DEGRANDE et al., 2002; FOERSTER, 2002).

A seletividade fisiológica dos inseticidas está relacionada com suas propriedades físico-químicas, como o tamanho da molécula química e sua solubilidade em água, bem como o coeficiente de partição óleo/água ($\log K_{ow}$), que se refere à tendência que um produto químico tem em se distribuir entre fases lipídicas e aquosas quando ambas estão presentes, como ocorre na cutícula dos insetos, que possui uma camada externa cerosa (hidrofóbica) e camadas internas com características hidrofílicas (YU, 2008). As diferenças na constituição da cutícula de insetos pragas em relação à de seus inimigos naturais pode fazer com que determinados produtos sejam nocivos à praga e não afetem negativamente os artrópodes benéficos. O estágio de desenvolvimento dos insetos, entretanto, deve ser levado em consideração, uma vez que a constituição da cutícula é variável nos diferentes estágios de desenvolvimento do inseto, podendo dificultar ou facilitar a penetração de inseticidas, dependendo da natureza do produto (DEGRANDE et al., 2002; FOERSTER, 2002; YU, 2008).

A conformação de sítios de ação dos insetos onde os produtos atuam também pode influenciar a seletividade de inseticidas. Por exemplo, experimentos demonstraram que receptores de ecdisônio de insetos-praga podem ser diferentes de receptores de inimigos naturais, sendo assim produtos que atuam sobre a ecdise de pragas são incompatíveis com sítios receptores dos inimigos naturais, podendo serem utilizados de maneira conjunta (AMOR et al., 2012; ZOTTI et al., 2012).

Avaliações dos efeitos de inseticidas recomendados para o controle de *T. absoluta* sobre seus inimigos naturais têm aumentado em várias partes do mundo

visando viabilizar a integração entre os métodos químico e biológico no manejo desta praga (GHONEIM, 2014). A conservação de inimigos naturais, portanto, pode ser alcançada com o uso de inseticidas de baixo efeito sobre os organismos não alvo (GONTIJO, LESSANDO et al., 2014). O controle de *T. absoluta* na Europa foi mais eficiente quando se utilizou insetos predadores (*M. pygmaeus* ou *N. tenuis*) juntamente com inseticidas seletivos em programas de manejo integrado desta praga (ARNÓ et al., 2009a; ARNÓ & GABARRA, 2011); entretanto ainda são necessárias mais pesquisas objetivando obter mais informações a este respeito (TERZIDIS et al., 2014).

4.6 Características químicas e do modo de ação dos inseticidas avaliados

Neste trabalho foram utilizados cinco inseticidas registrados e amplamente utilizados para o controle de *T. absoluta* no Brasil. Os produtos avaliados pertencem a diferentes grupos químicos e possuem modos de ação distintos. Todos os inseticidas avaliados atuam por contato e ingestão. Além disso, os inseticidas Abamectin Nortox[®], Pirate[®], Prêmio[®] e Cartap[®] possuem ação translaminar (AGROFIT, 2015).

Abamectin Nortox[®] (i.a. abamectina) é um produto originário da fermentação natural da bactéria de *Streptomyces avermetilis* (LANKAS & GORDON, 1989). Este inseticida age sobre o ácido gama-aminobutírico (GABA), que é um neurotransmissor que atua na inibição do impulso nervoso (CHAPMAN, 2013). Desta forma, fortalece a ligação do GABA nos sítios receptores na membrana de neurônios pós-sinápticos em junções neuromusculares dos insetos, causando aumento na permeabilidade da membrana dos neurônios a íons Cl⁻, levando o inseto a morte por paralisia (BABU, 1988; TURNER & SCHAFFER, 1989). Abamectina possui peso molecular de 872 g/mol, log K_{ow} = 4 e baixa solubilidade em água (0,007-0,01

mg/L), e é considerado extremamente tóxico para pragas alvo, podendo também ser tóxico para inimigos naturais, apesar de sua rápida degradação no ambiente (ROBERTS & HUDSTON, 1998; WISLOCKI et al., 1989). Sendo assim, é esperado que este produto seja nocivo ao predador *M. basicornis*.

Nomolt 150[®] (i.a. teflubenzuron) pertence à classe dos “reguladores de crescimento” e ao subgrupo das benzoilureias. Atua na formação da cutícula dos insetos, pois impede a formação de quitina (SINGH, 2012). A quitina é um polissacarídeo nitrogenado que desempenha uma série de funções no corpo dos insetos, como composição do tegumento, proteção, estruturação e regulação da perda de água (CHAPMAN, 2013). A enzima chave na produção de quitina é a quitina-sintetase, que necessita ser ativada por proteases específicas para que possa ocorrer a formação de quitina, e sobre estas proteases atuam os inseticidas inibidores da síntese de quitina (TUNAZ & UYGUN, 2004). Considerando que a formação de quitina ocorre até a fase adulta, recomenda-se a utilização deste produto para pragas em suas fases jovens da praga. Desta forma, apresentam baixo impacto sobre inimigos naturais, principalmente predadores (SUN et al., 2015), sendo assim espera-se que cause baixo efeito sobre *M. basicornis*, especialmente sobre os adultos. Possui peso molecular de 381,1 g/mol, $\log K_{ow} = 4,98$ e solubilidade em água de 0,01 mg/L (SCHEEPMAKER, 2008).

Premio[®] (i.a. clorantraniliprole) pertence ao grupo das diamidas, atua sobre a musculatura dos insetos, como antagonista nos receptores de rianodina, que são um grupo de canais de cálcio localizados no retículo sarcoplasmático das células musculares (TEIXEIRA & ANDALORO, 2013). As moléculas do inseticida se ligam aos receptores de rianodina, desencadeando uma descarga de íons Ca^{2+} interno das células musculares para o citoplasma, levando a contração muscular com consequente paralisia alimentar, letargia, regurgitação e paralisia muscular, levando o inseto à morte (BRUGGER et al., 2010; GONRING et al., 2008). A principal rota de ação deste composto é por ingestão, mas também atua

por contato (YU, 2008). Diversos trabalhos relataram o baixo efeito de clorantpriliprole sobre insetos predadores (BIONDI et al., 2012; MOSCARDINI et al., 2013, PEREIRA et al., 2014; MARTINOU et al., 2014), sendo assim espera-se que este produto cause baixa mortalidade sobre *M. basicornis*. Possui peso molecular de 483,15 g/mol, $\log K_{ow} = 2,76$ e solubilidade em água de 1,02 mg/L (FAO, 2008).

Pirate[®] (i.a. clorfenapir) é um inibidor da síntese de ATP nas mitocôndrias por meio de desacoplamento da fosforilação oxidativa via disrupção do gradiente de prótons ativos (H^+). Trata-se de um pró-inseticida, ou seja, necessita ser ativado no interior do inseto, por um sistema de enzimas monooxigenases cujo principal componente é o citocromo P-450, responsável pelo metabolismo e excreção de compostos tóxicos no interior do inseto (CHAPMAN, 2013; SANCHEZ-BAYO, 2012; YU, 2008). Sendo que o produto será ingerido por insetos nos experimentos com presença de substrato vegetal, devido à sua ação translaminar, acredita-se que clorfenapir será ativado no interior de *M. basicornis* e irá causar alto efeito letal sobre este predador, como causou em outros insetos predadores (PEREIRA et al., 2014). Este produto possui peso molecular de 407,6 g/mol, $\log K_{ow} = 5,28$ e solubilidade em água de 0,12 mg/L (FAO, 2012).

Cartap BR 500[®] (i. a. cloridrato de cartape) atua sobre o sistema nervoso dos insetos, bloqueando os canais receptores nicotínicos da acetilcolina, localizados nos neurônios pós sinápticos. Este produto é um pró-inseticida, ou seja, é ativado em meio biológico (tecido foliar ou interior do inseto) através de reação hidrolítica para se tornar uma nereistoxina e atuar nos canais nicotínicos da acetilcolina (LEE et al., 2004; ROBERTS & HUDSTON, 1998; YU, 2008). As moléculas de nereistoxina bloqueiam estes receptores, levando o inseto à morte por paralisia (SANCHEZ-BAYO, 2012). Lee et al. (2004) ainda afirma que cartap também pode bloquear diretamente os receptores nicotínicos da

acetilcolina sem que ocorra ativação metabólica para conversão em nereistoxina. Como inseticidas neurotóxicos tendem a ser menos seletivos a inimigos naturais (FOERSTER, 2002), e por este produto ter causado altas mortalidades a percevejos predadores (BACCI et al., 2007; PEREIRA et al., 2014), espera-se que cloridrato de cartape seja tóxico para o predador *M. basicornis*. Possui peso molecular de 273,8 g/mol, solubilidade em água de 200g/L e $\log K_{ow} = -3,4$ (ROBERTS & HUDSTON, 1998).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Criação de *M. basicornis*

Ninfas e adultos de *M. basicornis* empregados nos bioensaios foram obtidos da criação do Laboratório de Controle Biológico, junto ao Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil. Cerca de 200 adultos com 2 a 3 dias de idade foram acondicionados em gaiola de acrílico (60 x 30 x 30 cm) contendo uma planta de tabaco, *Nicotiana tabacum* L., 1753 (Solanaceae) (cv. TNL), onde permanecerem durante 24 horas para oviposição. Ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae) foram adicionados à gaiola para servir de alimento aos adultos *ad libitum*. Após este período, os adultos foram removidos e a planta contendo os ovos de *M. basicornis* foi mantida em sala climatizada ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas) até que os insetos atingissem o estágio de desenvolvimento desejado para ser usado em cada experimento (ninfas de 3º ínstar ou adultos). Nos experimentos com ninfas, foram utilizados insetos no 3º ínstar devido à facilidade de manuseio e à maior facilidade de identificação deste estágio em relação às fases mais jovens.

5.2 Tratamentos avaliados

Os inseticidas com suas principais características e dosagens utilizadas encontram-se na Tabela 1. Os compostos foram avaliados em suas maiores concentrações recomendadas pelos fabricantes para o controle da traça-do-tomateiro e foram extraídas do Agroofit (2015). Todos os inseticidas testados atuam por contato e ingestão. Em todos os experimentos água destilada foi usada para diluir os inseticidas e também como tratamento controle.

Nome comercial	Ingrediente ativo	Dosagem utilizada (g i. a./ L) ¹	Formulação ²	Grupo químico ou modo de ação primário ³	Subgrupo químico ³
Abamectin Nortox [®]	Abamectina	0,0135	EC	Ativador dos canais de cloro	Avermectina
Cartap BR 500 [®]	Cloridrato de cartape	1,25	PS	Bloqueador dos canais dos receptores nicotínicos da acetilcolina	Análogo da nereistoxina
Nomolt 150 [®]	Teflubenzuron	0,0375	SC	Inibidor da biossíntese de quitina	Benzoiluréia
Pirate [®]	Clorfenapir	0,12	SC	Desacoplador da fosforilação oxidativa via interrupção do gradiente de próton	-
Premio [®]	Clorantraniliprole	0,0276	SC	Modulador dos receptores de rianodina	Diamida

Tabela 1. Inseticidas utilizados nos bioensaios de seletividade para *Macrolophus basicornis*.

¹Gramas de ingrediente ativo por litro de água destilada; ² Tipos de formulação: EC = Concentrado emulsionável; PS = Pó solúvel; SC = Suspensão concentrada; ³Classificação de acordo com IRAC (2015).

5.3 Efeito dos inseticidas sobre ninfas de terceiro ínstar do predador expostas em substrato inerte pulverizado em laboratório

Os inseticidas foram pulverizados diretamente sobre placas de Petri de 17 cm de diâmetro via torre de Potter, com volume de $1,5 \pm 0,5$ mg de calda química/cm², seguindo normas da IOBC (HASSAN, 1994). Uma hora após a aplicação dos produtos, três arenas de PVC de 7,5 cm de diâmetro e 2 cm de altura foram colocadas na placa pulverizada, de forma que o fundo de cada arena estivesse em contato com a superfície pulverizada, e a parte superior de cada arena foi coberta com tecido *voile*, para evitar a fuga das ninfas e garantir a troca de ar (Figura 1.a). Foi aplicado talco nas laterais das placas para garantir a presença dos insetos com a superfície contaminada da placa. Em cada arena foram colocadas 10 ninfas de terceiro ínstar de *M. basicornis* com aproximadamente 24 horas após a mudança de ínstar, totalizando 60 ninfas por tratamento. Adicionou-se um algodão úmido como fonte de água e ovos de *E. kuehniella ad libitum* como alimento em cada placa, colocado do lado oposto do algodão em cada arena, fazendo com que as ninfas tivessem que se deslocar na superfície contaminada para adquirirem água e alimento.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 60 repetições, sendo cada uma formada por uma ninfa de terceiro ínstar. Avaliou-se diariamente a mortalidade das ninfas até que a última ninfa viva atingisse a fase adulta (17 dias). Foi considerada como ninfa morta aquela que não respondeu ao toque de um pincel.



Figura 1. Materiais utilizados nos bioensaios. (a) arenas sobre placas de Petri pulverizadas com os inseticidas; (b) folíolo de tomateiro inserido em eppendorf contendo ágar-H₂O; (c) arenas contendo folíolos tratados e mantidas em laboratório; (d) gaiola utilizada no bioensaio de semicampo, vista lateral e (e) superior; (f) gaiolas no bioensaio de semicampo em casa-de-vegetação.

5.4 Efeito dos inseticidas sobre ninfas de terceiro ínstar do predador em condições de laboratório expandido

Bandejas plásticas contendo mudas de tomateiro (cv. Santa Clara) com 10 dias de idade foram obtidas da empresa Casa da Semente, em Lavras, Minas Gerais, em substrato de vermiculita, e foram transplantadas individualmente para vaso de 5 litros contendo substrato comercial, sendo mantidas em casa-de-vegetação durante 5 semanas. Folíolos contendo pecíolos foram retirados das plantas e imersos nas caldas inseticidas e em água destilada (tratamento controle) durante 5 segundos. Em seguida, os folíolos tiveram seus pecíolos inseridos em um eppendorf de 2,0 mL contendo ágar-H₂O, visando a manutenção da turgidez do tecido vegetal durante o experimento (Figura 1.b).

Após a solidificação do ágar-H₂O, os eppendorfs contendo os folíolos foram distribuídos individualmente no interior de uma arena de PVC de 7,5 cm de diâmetro e 2 cm de altura apoiada sobre uma placa de vidro de 11,5 x 9,5 cm, e as arenas foram mantidas em laboratório (Figura 1.c). No interior de cada arena foram liberadas 10 ninfas de 3º ínstar de *M. basicornis* com aproximadamente 24 horas após a mudança de ínstar, totalizando 60 ninfas por tratamento, e foram adicionados ovos de *E. kuehniella ad libitum* sobre os folíolos para a alimentação das ninfas. Como tratamento controle, folíolos foram imersos somente em água destilada. Cada arena foi fechada em sua parte superior com tecido *voile* para evitar a fuga das ninfas e garantir a troca de ar.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 60 repetições, sendo cada uma formada por uma ninfa de terceiro ínstar. Avaliou-se diariamente a mortalidade das ninfas até que a última ninfa viva atingisse a fase adulta (17 dias).

5.5 Efeito dos inseticidas sobre adultos do predador em condições de laboratório expandido

Plantas de tomate foram obtidas e cultivadas conforme o subitem 2.4. Os folíolos foram retirados das plantas, imersos em calda inseticida e inseridos em eppendorf contendo ágar-H₂O conforme o subitem 2.4, assim como a montagem das arenas (Figuras 1.b e 1.c). Neste experimento foram utilizados insetos adultos com até 24 horas após a emergência para a fase adulta, sendo que em cada arena foram liberados 8 adultos (4 machos e 4 fêmeas) de *M. basicornis*, totalizando 48 adultos por tratamento, e adicionaram-se ovos de *E. kuehniella ad libitum* para sua alimentação.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 48 repetições, sendo cada uma formada por um adulto. Avaliou-se diariamente a mortalidade dos adultos durante 12 dias após a exposição dos insetos com o material vegetal tratado.

5.6 Avaliação da persistência dos inseticidas para ninfas do predador

Plantas de tomate (cv. Santa Clara) foram mantidas em casa-de-vegetação em vasos de 5 L com substrato vegetal comercial e irrigadas a cada 2 dias até apresentarem 3 pares de folhas totalmente desenvolvidos (aproximadamente 5 semanas), quando foram tratadas com os inseticidas por meio de pulverizador manual até atingir o ponto de escorrimento (15 mL/planta). Como tratamento controle, pulverizou-se água destilada sobre as plantas.

Para avaliar a persistência dos compostos, folíolos contendo pecíolos plenamente desenvolvidos foram retirados das plantas em duas datas de avaliação (2 e 11 dias após o tratamento das plantas), conforme normas da IOBC (HASSAN, 1994). Os folíolos tiveram seus pecíolos inseridos em eppendorf de

2,0 mL contendo ágar-H₂O, visando a manutenção da turgidez do tecido vegetal durante o experimento. Após a solidificação do ágar, os eppendorfs contendo os folíolos foram distribuídos no interior de uma arena de PVC de 7,5 cm de diâmetro e 2 cm de altura apoiada sobre placa de vidro de 11,5 x 9,5 cm (Figura 1.b). No interior de cada arena foram liberadas 6 ninfas de terceiro ínstar de *M. basicornis* com aproximadamente 24 horas após a mudança de ínstar, totalizando 36 ninfas por tratamento em cada uma das datas de avaliação. Foram adicionados ovos de *E. kuehniella ad libitum* para sua alimentação. Cada arena foi fechada em sua parte superior com tecido *voile* para evitar a fuga das ninfas e garantir a troca de ar, e as arenas foram mantidas em laboratório (Figura 1.c).

A mortalidade das ninfas foi avaliada durante os primeiros 3 dias da exposição das ninfas à superfície vegetal tratada, sendo que os tratamentos que causaram menos de 30% de mortalidade foram considerados como de vida curta. Aqueles que provocaram mortalidades acima de 30% foram avaliados da mesma forma aos 11 dias após a aplicação dos produtos, conforme recomendações da IOBC.

5.7 Efeitos dos inseticidas sobre ninfas em condições de casa-de-vegetação (semicampo)

Foram utilizados neste experimento somente os inseticidas classificados nas categorias 3 e 4 em qualquer um dos experimentos anteriores, conforme recomendação da IOBC. Os compostos foram pulverizados em mudas de tomateiro (cv. Santa Clara) com aproximadamente 10 dias após a emergência e 10 cm de altura por meio de pulverizador manual até o ponto de escorrimento (5 ml/planta). As plantas foram mantidas em condições naturais para secagem da calda química, e em seguida, acondicionadas em uma gaiola constituída de um copo plástico (volume de 700 ml) que foi coberta com tecido *voile* (Figuras 1.d e

1.e). Em cada gaiola foram liberadas 10 ninfas de 3º ínstar de *M. basicornis* com aproximadamente 24 horas após a mudança de ínstar, e as gaiolas foram mantidas em casa-de-vegetação (Figura 1.f). Adicionaram-se ovos de *E. kuehniella ad libitum* para alimentação das ninfas.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 50 repetições, sendo cada uma formada por uma ninfa de terceiro ínstar. A mortalidade das ninfas foi avaliada diariamente até que a última ninfa viva atingisse a fase adulta (18 dias).

5.8 Classificação dos inseticidas de acordo com a IOBC

Em todos os experimentos os dados de mortalidade das ninfas foram corrigidos em relação ao tratamento controle pela equação de Schenider-Orelli (1947). Em função da redução da mortalidade em relação ao tratamento controle, cada produto foi enquadrado em classes toxicológicas propostas pela IOBC (HASSAN, 1994). No bioensaio com pulverização em substrato inerte, os inseticidas foram classificados como: classe 1 – inócuo (mortalidade < 30%); classe 2 - levemente nocivo (mortalidade entre 30 e 79%); classe 3 – moderadamente nocivo (mortalidade entre 80 e 99%) e classe 4 – nocivo (mais de 99% de mortalidade). Nos bioensaios onde foi usado substrato vegetal (laboratório expandido e semi campo) foram enquadrados em: classe 1 – inócuo (mortalidade < 25%); classe 2 - levemente nocivo (mortalidade entre 25 e 50%); classe 3 – moderadamente nocivo (mortalidade entre 51 e 75%) e classe 4 – nocivo (mais de 75% de mortalidade). No experimento de avaliação da persistência, os produtos foram classificados de acordo com o tempo necessário para que ocorresse a perda da toxicidade, ou seja, para que o produto permita mais 70% de sobrevivência, sendo enquadrados como: A - vida curta (<5 dias);

B - levemente persistente (5-15 dias); C - moderadamente persistente (16-30 dias); D - persistente (> 30 dias).

5.9 Análise dos dados

Os dados de sobrevivência dos insetos ao longo do tempo foram submetidos à análise de sobrevivência, aplicando o modelo de Weibull. Nos experimentos com ninfas (subitens 2.3, 2.4 e 2.7) a análise de sobrevivência foi feita empregando os dados obtidos até a primeira ninfa se tornasse adulto. Foi realizada análise de contraste entre os tratamentos, visando a formação de grupos congêneres. Foi possível também estimar o tempo letal mediano (TL₅₀) de cada grupo. Utilizou-se o software estatístico R para as análises (R CORE TEAM, 2015).

6 RESULTADOS

6.1 Efeito dos inseticidas sobre ninfas de terceiro ínstar do predador expostas em substrato inerte pulverizado em laboratório

A abamectina causou a mortalidade acima de 99% sobre as ninfas de *M. basicornis* que entraram em contato com a superfície contaminada e por isto foi enquadrado na classe 4, sendo considerado nocivo. O cloridrato de cartape causou mortalidade de 56,9%, e foi categorizado com classe 2 (levemente nocivo). Os inseticidas teflubenzuron, clorantraniliprole e clorfenapir provocaram 12,5%; 9,2% e 21,7% de mortalidade, respectivamente, e como não excederam 30% de mortalidade, foram enquadrados na categoria 1, ou seja, considerados inócuos para ninfas de *M. basicornis* (Tabela 2).

Por meio da análise de sobrevivência de Weibull ocorreu a formação de três grupos distintos (Figura 2). O grupo 1 foi composto pelo tratamento controle (água destilada) e pelos inseticidas clorfenapir, clorantraniliprole e teflubenzuron, com TL_{50} de 9 dias. O grupo 2 foi formado pelo cloridrato de cartape, com TL_{50} de 5 dias, e o grupo 3 pelo inseticida abamectina, com TL_{50} de 2,3 dias.

Tabela 2. Mortalidade total e corrigida de ninfas de *M. basicornis* expostas à superfície inerte contaminada com os inseticidas e classes de toxicidade conforme escala da IOBC.

Tratamentos	Mortalidade total (%)	Mortalidade corrigida (%)¹	Classe toxicológicas²
Controle	38,3	-	-
Teflubenzuron	46,0	12,5	1
Abamectina	100,0	100,0	4
Clorantraniliprole	44,0	9,2	1
Clorfenapir	51,7	21,7	1
Cloridrato de cartape	73,4	56,9	2

¹Mortalidade corrigida em relação ao controle pela fórmula de Schneider-Orelli (1947): $M_a = 100 \times (M_t - M_c) / (100 - M_c)$, onde M_a = mortalidade corrigida, M_t = mortalidade no tratamento inseticida, M_c = mortalidade no controle. ²Classes toxicológicas propostas pela IOBC baseadas na mortalidade corrigida. Classe 1 = Inócuo (mortalidade < 30%); Classe 2 = Levemente nocivo (mortalidade entre 30 e 79%); Classe 3 = moderadamente nocivo (mortalidade entre 80 e 99%); Classe 4 = Nocivo (mortalidade > 99%) (HASSAN, 1994).

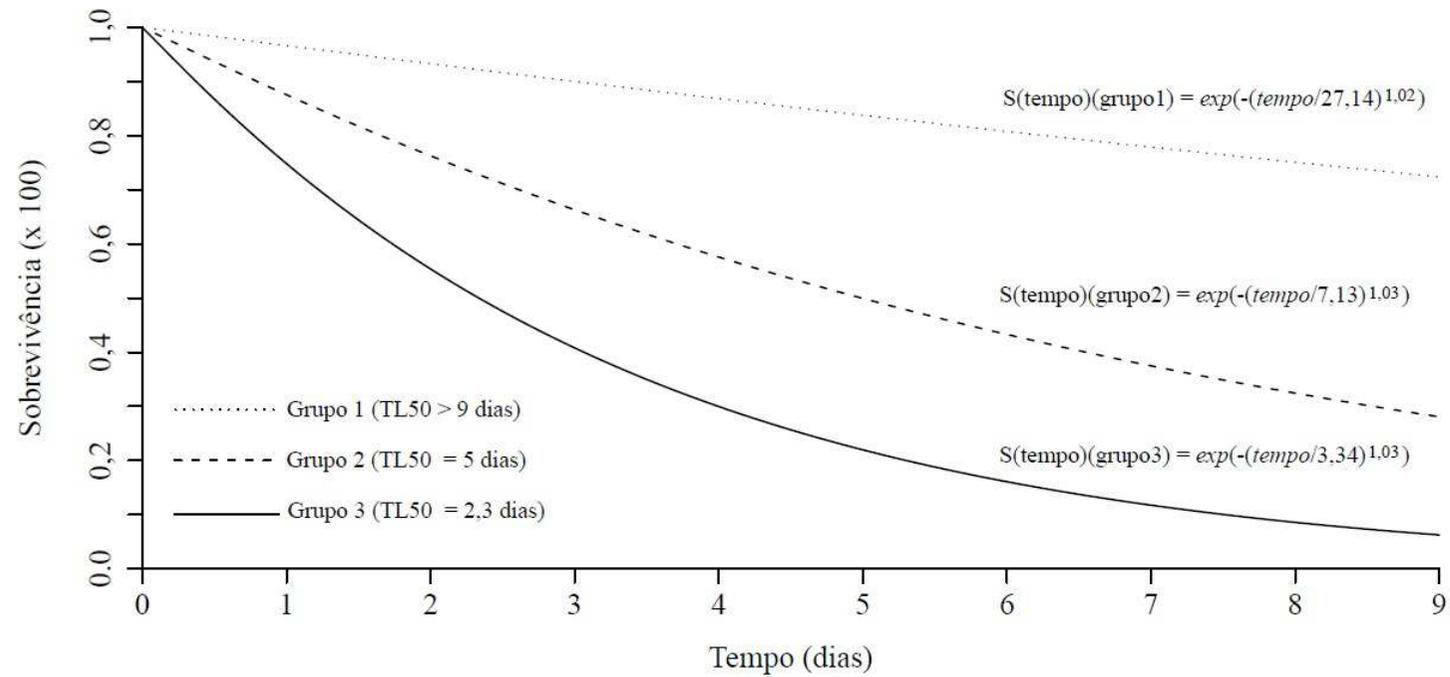


Figura 2. Sobrevivência de ninfas de *M. basicornis* expostas à superfície inerte contaminada com os inseticidas, sendo $S(\text{tempo}) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)^{\alpha})$, δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = controle (água destilada), teflubenzuron, clorantraniliprole e clorfenapir; Grupo 2 = cloridrato de cartape; Grupo 3 = abamectina.

6.2 Efeito dos inseticidas sobre ninfas de terceiro ínstar do predador em condições de laboratório expandido

Os inseticidas clorfenapir e abamectina causaram 100% de mortalidade das ninfas, sendo enquadrados na classe toxicológica 4 (nocivos). A mesma classificação foi atribuída ao cloridrato de cartape, visto que causou 83,3% de mortalidade. Clorantraniliprole e teflubenzuron foram considerados moderadamente e levemente nocivos, respectivamente (Tabela 3).

Por meio da análise de sobrevivência ao longo do tempo constatou-se a formação de quatro grupos congêneres (Figura 3). O grupo 1 foi constituído somente pelo tratamento controle com TL_{50} maior que 9 dias, demonstrando que todos os inseticidas causaram mortalidades significativas do predador ao longo das avaliações. O grupo 2 foi composto por teflubenzuron, com TL_{50} de 8,5 dias. O grupo 3 foi composto pelos inseticidas clorantraniliprole e cloridrato de cartape, com TL_{50} de 4,1 dias, e o grupo 4 foi formado por clorfenapir e abamectina, com TL_{50} de 1,8 dia.

Tabela 3. Mortalidade total e corrigida de ninfas de *M. basicornis* expostas à superfície vegetal contaminada com os inseticidas e classes de toxicidade conforme escala da IOBC.

Tratamentos	Mortalidade total (%)	Mortalidade corrigida (%)¹	Classe toxicológica²
Controle	20,0	-	-
Teflubenzuron	56,67	45,8	2
Abamectina	100,0	100,0	4
Clorantraniliprole	76,7	70,8	3
Clorfenapir	100,0	100,0	4
Cloridrato de cartape	86,67	83,3	4

¹Mortalidade corrigida em relação ao controle pela fórmula de Schneider-Orelli (1947): $M_a = 100 \times (M_t - M_c) / (100 - M_c)$, onde M_a = mortalidade corrigida, M_t = mortalidade no tratamento inseticida, M_c = mortalidade no controle. ²Classes toxicológicas propostas pela IOBC baseadas na mortalidade corrigida. Classe 1 = inócuo (mortalidade < 25%); Classe 2 = levemente nocivo (mortalidade entre 26 e 50%); Classe 3 = moderadamente nocivo (mortalidade entre 51 e 75%); Classe 4 = nocivo (mortalidade > 75%) (HASSAN, 1994).

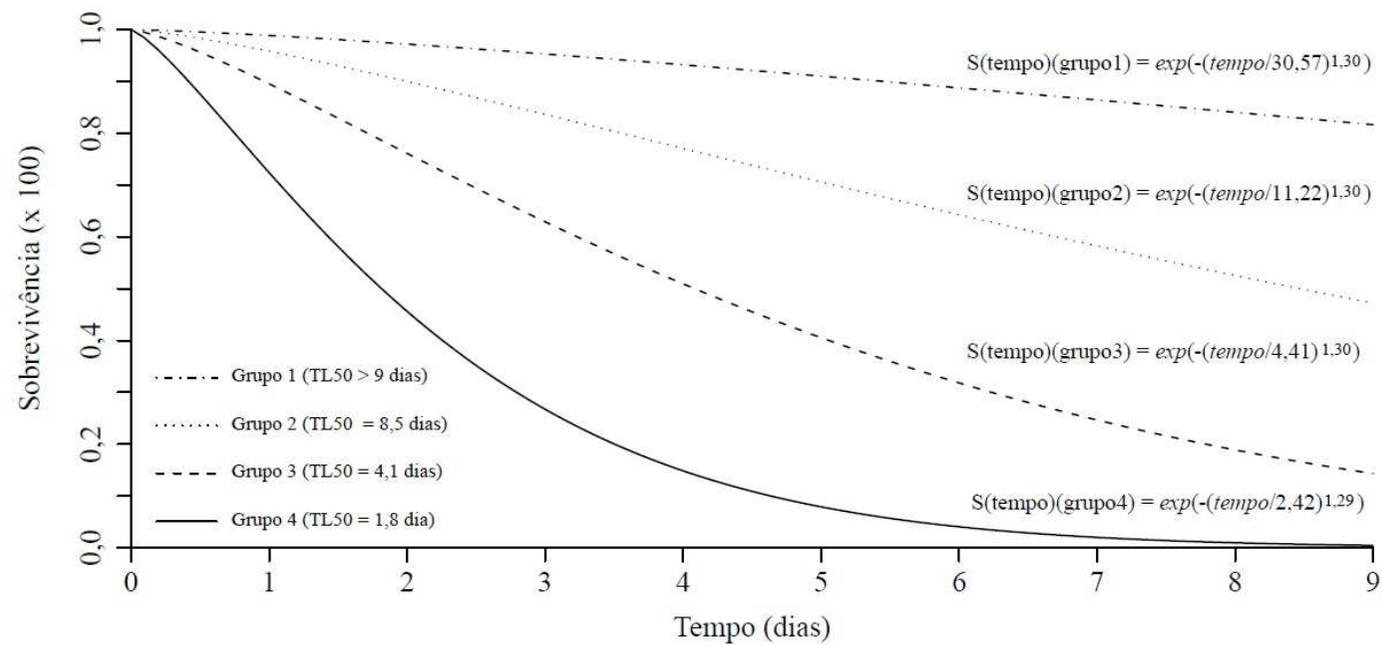


Figura 3. Sobrevivência de ninfas de *M. basicornis* expostas à superfície vegetal contaminada com os inseticidas, sendo $S(\text{tempo}) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)^\alpha)$, δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = controle (água destilada); Grupo 2 = teflubenzuron; Grupo 3 = clorfaniliprole e cloridrato de cartape; Grupo 4 = abamectina e clorfenapir.

6.3 Efeito dos inseticidas sobre adultos do predador em condições de laboratório expandido

Os inseticidas teflubenzuron e clorantraniliprole apresentaram, respectivamente, mortalidades de 16,7% e 19,0%, sendo ambos enquadrados na categoria 1, considerados inócuos. Cloridrato de cartape causou 50% de mortalidade e por isto foi enquadrado na categoria 2, levemente nocivo. Abamectina e clorfenapir provocaram a morte de todos os adultos e foram categorizados em classe 4, sendo considerados nocivos aos adultos de *M. basicornis* que entraram em contato com tecido vegetal tratado (Tabela 4).

Três grupos congêneres foram diferenciados por meio da análise de sobrevivência. O grupo 1 foi formado apenas pelo tratamento controle, indicando que todos os produtos afetaram negativamente a sobrevivência dos adultos, com TL_{50} superior a 12 dias. O grupo 2 foi formado por teflubenzuron, clorantraniliprole e cloridrato de cartape, os quais apresentaram TL_{50} superior a 12 dias. O grupo 3 foi formado pelos inseticidas abamectina e clorfenapir, com TL_{50} de 2,8 dias (Figura 4).

Tabela 4. Mortalidades total e corrigida de adultos de *M. basicornis* expostos ao substrato vegetal tratado com os inseticidas e classes de toxicidade conforme escala da IOBC.

Tratamentos	Mortalidade total (%)	Mortalidade corrigida (%)¹	Classe toxicológica²
Controle	12,5	-	-
Teflubenzuron	27,1	16,7	1
Abamectina	100	100,0	4
Clorantraniliprole	29,2	19,0	1
Clorfenapir	100	100,0	4
Cloridrato de cartape	56,3	50,0	2

¹Mortalidade corrigida em relação ao controle pela fórmula de Schneider-Orelli (1947): $M_a = 100 \times (M_t - M_c) / (100 - M_c)$, onde M_a = mortalidade corrigida, M_t = mortalidade no tratamento inseticida, M_c = mortalidade no controle. ²Classes toxicológicas propostas pela IOBC baseadas na mortalidade corrigida. Classe 1 = inócuo (mortalidade < 25%); Classe 2 = levemente nocivo (mortalidade entre 26 e 50%); Classe 3 = moderadamente nocivo (mortalidade entre 51 e 75%); Classe 4 = nocivo (mortalidade > 75%) (HASSAN, 1994).

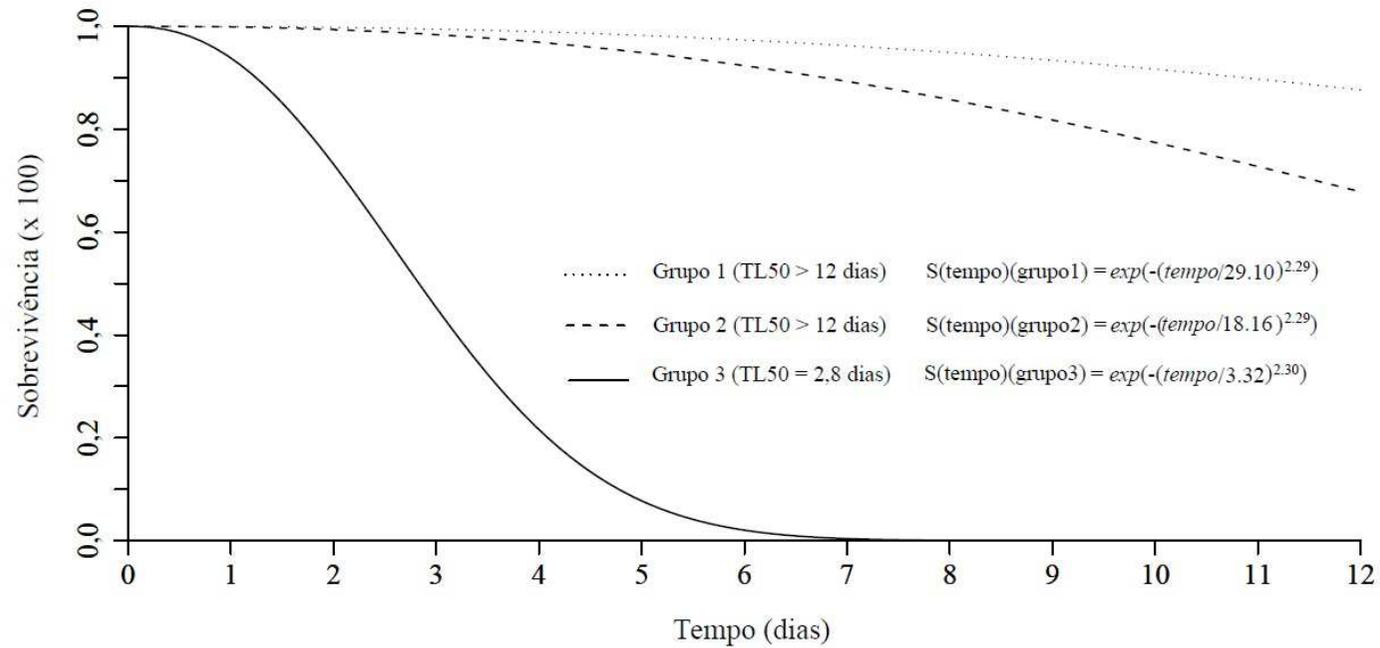


Figura 4. Sobrevivência de adultos de *M. basicornis* expostos aos resíduos dos inseticidas em substrato vegetal, sendo $S(\text{tempo}) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)^{\alpha})$, δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = controle (água destilada); Grupo 2 = teflubenzuron, clorantraniliprole e cloridrato de cartape; Grupo 3 = abamectina e clorfenapir.

6.4 Avaliação da persistência dos inseticidas para ninfas do predador

Aos 2 dias após a aplicação de inseticidas em plantas de tomateiro, os inseticidas teflubenzuron, clorantraniliprole e cloridrato de cartape causaram menos de 30% de mortalidade das ninfas e foram classificados como vida curta (categoria A). Abamectina e clorfenapir causaram 66,7% e 70,0% de mortalidade e por isto foram avaliados no próximo intervalo de tempo após sua aplicação segundo normas da IOBC. Aos onze dias após a aplicação, abamectina e clorfenapir provocaram 13,8 % e 6,9 % de mortalidade e foram classificados como de levemente persistência (categoria B) (Tabela 5).

Tabela 5. Mortalidade de ninfas de *M. basicornis* que entraram em contato com folhas de tomateiro tratadas e classificação de persistência de acordo com a IOBC.

Tratamentos	2 DAT ¹		11 DAT	
	Mortalidade corrigida (%) ²	Classe de persistência ³	Mortalidade corrigida (%)	Classe de persistência
Controle	-		-	-
Teflubenzuron	0	A	-	-
Abamectina	66,7	-	13,8	B
Clorantraniliprole	6,7	A	-	-
Clorfenapir	70	-	6,9	B
Cloridrato de cartape	16,7	A	-	-

¹DAT = dias após tratamento; ²Mortalidade corrigida em relação ao controle pela fórmula de Schneider-Orelli (1947): $M_a = 100 \times (M_t - M_c) / (100 - M_c)$, onde M_a = mortalidade corrigida, M_t = mortalidade no tratamento inseticida, M_c = mortalidade no controle. ³Classes de persistência propostas pelo grupo "Pesticides and Beneficial Organisms" ds IOBC, que leva em consideração para classificação o tempo em que os resíduos dos inseticidas causam menos de 30% de mortalidade. Classe A = vida curta (<5 DAT); Classe B = levemente persistente (5-15 DAT); Classe C = moderadamente persistente (16-30 DAT); Classe D = persistente (> 30 DAT) (HASSAN, 1994).

6.5 Efeito dos inseticidas sobre ninfas em condições de casa de vegetação (semicampo)

Os inseticidas abamectina e clorfenapir causaram a morte de todas as ninfas e foram considerados como pertencentes à classe 4. Cloridrato de cartape apresentou 51,1% de mortalidade e foi enquadrado na classe 3, enquanto que clorraniliprole provocou somente 13,3% de mortalidade e por isto foi enquadrado na categoria 1, sendo considerado inócuo (Tabela 6).

Foi observado a formação de três grupos congêneres por meio da análise de sobrevivência (Figura 5). O grupo 1 foi constituído pelo tratamento controle e clorraniliprole, com TL_{50} maior que 10 dias. O grupo 2 foi composto por cloridrato de cartape, com TL_{50} de 8,3 dias e o 3 foi formado pelos inseticidas abamectina e clorfenapir, com TL_{50} de 1,5 dia.

Tabela 6. Mortalidade total e corrigida de ninfas de *M. basicornis* que foram expostos aos resíduos dos inseticidas em plantas de tomateiro em casa de vegetação e classes de toxicidade conforme escala da IOBC.

Tratamentos	Mortalidade total (%)	Mortalidade corrigida (%) ¹	Classe toxicológica ²
Controle	10,0	-	-
Abamectina	100,0	100,0	4
Clorraniliprole	22,0	13,3	1
Clorfenapir	100,0	100,0	4
Cloridrato de cartape	56,0	51,1	3

¹Mortalidade corrigida em relação ao controle pela fórmula de Schneider-Orelli (1947): $M_a = 100 \times (M_t - M_c) / (100 - M_c)$, onde M_a = mortalidade corrigida, M_t = mortalidade no tratamento inseticida, M_c = mortalidade no controle. ²Classes toxicológicas propostas pelo grupo "Pesticides and Beneficial Organisms" ds IOBC baseadas na mortalidade corrigida. Classe 1 = Inócuo (mortalidade < 25%); Classe 2 = Levemente nocivo (mortalidade entre 26 e 50%); Classe 3 = moderadamente nocivo (mortalidade entre 51 e 75%); Classe 4 = nocivo (mortalidade > 75%) (HASSAN, 1994).

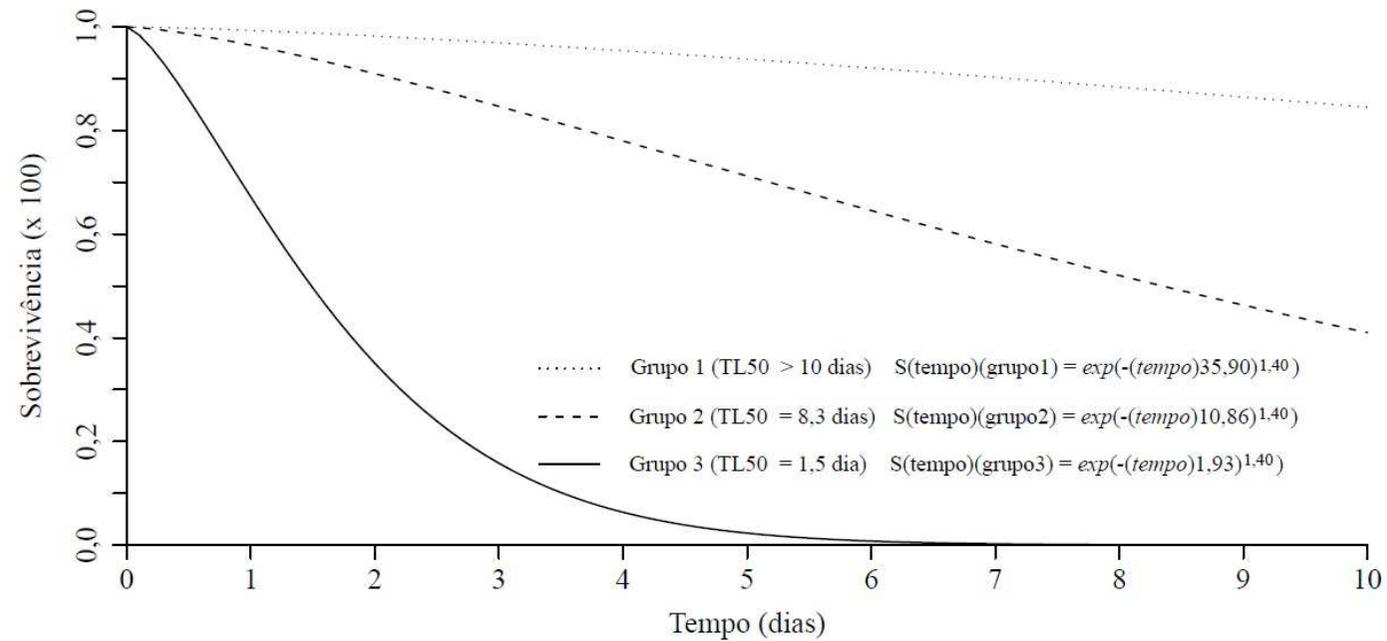


Figura 5. Sobrevivência de ninfas de *M. basicornis* que foram expostas aos resíduos dos inseticidas em plantas de tomateiro em casa de vegetação (semicampo), sendo $S(\text{tempo}) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)^\alpha)$, δ = parâmetro de forma; α = parâmetro de escala. Grupo 1 = controle (água destilada) e clorantraniliprole; Grupo 2 = cloridrato de cartape; Grupo 3 = abamectina e clorfenapir.

7 DISCUSSÃO

Os produtos químicos apresentaram efeitos distintos sobre *M. basicornis*. No bioensaio onde os predadores foram submetidos aos resíduos em substrato inerte, o inseticida clorfenapir foi inócuo, entretanto mostrou-se tóxico para os insetos quando foram expostos em folhas de tomateiro tratadas. Desta forma, o resultado indica que este produto deve possuir efeito negativo mais pronunciado quando ingerido pelo predador, uma vez que é zoofitófago. Salienta-se que clorfenapir apresenta ação translaminar e portanto pode ter sido ingerido por *M. basicornis* no momento do forrageamento de folhas do tomateiro. Este produto é um pró-inseticida, ou seja, necessita ser ativado no interior do inseto por um sistema de enzimas (YU, 2008; SANCHEZ-BAYO, 2012; CHAPMAN, 2013), sendo assim os resíduos deste produto podem ter encontrado dificuldade de penetração no tegumento do inseto, mas quando foram aplicados em substrato vegetal foram ingeridos junto com a seiva dos folíolos do tomateiro, causando efeito negativo sobre o predador. Levando em consideração que *M. basicornis* alimenta-se de plantas de tomateiro durante seu ciclo de vida, este inseticida deve ser evitado visando sua preservação. Este produto também se mostrou tóxico aos predadores *Orius tristicolor* White, 1879; *Amphiareus constrictus* Stal, 1860 e *Blaptostethus pallelescens* Poppius, 1909 (Hemiptera: Anthocoridae) (PEREIRA et al., 2014).

O inseticida abamectina foi nocivo ao predador em todos os experimentos realizados. Trata-se de um produto age sobre o ácido gama-aminobutírico (GABA), que é um neurotransmissor que atua na inibição da transmissão do impulso nervoso (CHAPMAN, 2013), fortalecendo a ligação do GABA nos sítios receptores na membrana de neurônios pós-sinápticos em junções neuromusculares dos insetos, causando aumento na permeabilidade da

membrana dos neurônios a íons Cl^- , o que pode causar a morte do inseto por paralisia (BABU, 1988; TURNER & SCHAFFER, 1989).

Apesar de possuir degradação rápida, abamectina geralmente é tóxico para insetos-praga, podendo também apresentar toxicidade a organismos benéficos (WISLOCKI et al., 1989). Wislocki et al. (1989) relataram que abamectina apresentou rápida degradação quando aplicado sobre uma placa de vidro, com meia-vida de 4 a 6 horas. Entretanto, no experimento com substrato inerte todas as ninfas de *M. basicornis* morreram pouco tempo depois de entrarem em contato com a superfície contaminada com este inseticida. O resultado do bioensaio com exposição de ninfas do predador ao substrato inerte contaminado corrobora com aquele de Ohta & Takeda (2015) que ao submeterem adultos do parasitoide *Aphidius gifuensis* Ashmead, 1906 (Hymenoptera: Braconidae) à abamectina em substrato inerte, e constataram 100% de mortalidade dos insetos após 48 horas.

Outros autores também relataram os efeitos negativos causados pela abamectina sobre diferentes inimigos naturais. De acordo com Rocha et al. (2006), abamectina foi tóxico a *Orius insidiosus* Say, 1832 (Hemiptera: Anthocoridae), pois causou morte acentuada de ninfas de 1º e 2º ínstaes submetidas ao contato direto com este produto, além de reduzir a sobrevivência de ninfas oriundas de ovos imersos em solução contendo este produto. Moscardini et al. (2013) verificaram que abamectina provocou redução na viabilidade de ovos de *O. insidiosus* e que das poucas ninfas que eclodiram, nenhuma foi capaz de alcançar a fase adulta. Biondi et al. (2012) observaram alta mortalidade de adultos de *Orius leavigatus* Fieber, 1860 (Hemiptera: Anthocoridae) quando em contato com plantas de tomateiro tratadas com abamectina, até 14 dias após a aplicação do produto.

Cloranthraniliprole foi inócua ao predador em todos os testes, exceto no de laboratório expandido com ninfas, onde foi classificado como

moderadamente nocivo. Este produto possui alta solubilidade em água, o que implica em maior dificuldade de penetração pelo tegumento do inseto, devido à barreira hidrofóbica conferida pela epicutícula (YU, 2008). Isto ficou evidente no bioensaio de laboratório onde ninfas entraram em contato com superfície inerte contaminada, visto que este produto não diferiu do tratamento controle. Este produto possui efeito translaminar, portanto quando foi oferecido substrato vegetal contaminado para as ninfas em laboratório, certamente houve a ingestão das moléculas do ingrediente ativo pelo predador, fazendo com que o inseticida chegasse aos sítios de ação específicos, causando efeito letal.

Este produto atua principalmente por ingestão, afetando a musculatura e cessando a alimentação e movimentação do inseto (YU, 2008). A mortalidade causada por clorraniliprole em ninfas de *M. basicornis* não se repetiu no experimento em casa de vegetação (semicampo), onde foi classificado como inócuo, indicando que o produto causou menor efeito letal em condições reais de cultivo em comparação com aquelas de laboratório. A redução do efeito letal deste produto em plantas de tomateiro em casa-de-vegetação foi comprovada no teste de persistência, no qual este produto foi classificado como de vida curta. Clorraniliprole foi inócuo em laboratório expandido com adultos, indicando que possui efeito mais pronunciado sobre ninfas.

A inocuidade de clorraniliprole verificada no presente estudo também foi demonstrada por outros pesquisadores. Este produto não reduziu a viabilidade de ovos, sobrevivência de ninfas e período ninfal de *O. insidiosus* (MOSCARDINI et al., 2013). Biondi et al. (2012) observaram baixa mortalidade causada por este produto para adultos de *O. laevigatus* quando expostos aos 1, 7 e 14 dias após sua aplicação em plantas de tomateiro e também não reduziu a capacidade reprodutiva do predador. Pereira et al. (2014) verificaram que este produto foi seletivo aos predadores *A. constrictus*, *B. pallescens* e *O. tristicolor* em folhas de tomateiro imersas em calda inseticida. Martinou et al. (2014)

relataram que este inseticida foi inócuo para ninfas de 5º ínstar de *M. pygmaeus* e não afetou a taxa de predação quando entraram em contato com seus resíduos em plântulas de tomateiro tratadas em condições de laboratório, e classificaram este produto como seletivo a este predador. Gontijo, Pablo et al. (2014) constataram que clorrantraniliprole não causou efeito letal sobre *O. insidiosus* em nenhuma de suas fases de desenvolvimento quando utilizado em tratamento de sementes de girassol, mas provocou efeitos subletais como redução na sobrevivência de fêmeas oriundas de ovos que foram colocados em plantas tratadas e aumento no período de pré-oviposição de fêmeas que foram expostas quando estavam no estágio de ninfa.

Cloridrato de cartape apresentou grande variação na mortalidade de *M. basicornis* nos diferentes experimentos, entretanto em nenhum deles foi inócuo para *M. basicornis*. Este produto possui baixo peso molecular (273,8 g/mol), o que favorece sua penetração no tegumento do inseto. No bioensaio em laboratório com substrato inerte, onde este produto agiu apenas por contato, cloridrato de cartape foi levemente tóxico para ninfas do predador, e no teste de laboratório expandido, quando havia substrato vegetal, foi tóxico para o mesmo estágio de desenvolvimento, indicando que este produto tem seu efeito letal causado tanto por contato quanto por ingestão, visto que este produto possui ação translaminar e certamente foi ingerido pelo predador quando foi aplicado em folhas de tomateiro.

Em casa-de-vegetação, cloridrato de cartape foi classificado como moderadamente nocivo ao predador. Este resultado indica que este produto causou menor efeito sobre ninfas quando comparado ao bioensaio de laboratório expandido, provavelmente devido à degradação do produto nas condições de semicampo. Entretanto, no teste de laboratório expandido utilizando adultos, este produto foi classificado como levemente tóxico, demonstrando que ninfas

de *M. basicornis* foram mais sensíveis a este inseticida do que adultos, mesmo em condições de exposição menos intensas.

Observou-se que cloridrato de cartape foi moderadamente tóxico ao predador *Lasiochilus* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) (BACCI et al., 2007) e que teve pouco efeito na viabilidade de ovos de *O. insidiosus*, mas reduziu a sobrevivência das ninfas que eclodiram e aumentou a duração do período ninfal (MOSCARDINI et al., 2013). Este produto foi tóxico para os predadores *A. constrictus*, *B. pallescens* e *O. tristicolor* (Hemiptera: Anthocoridae) (PEREIRA et al., 2014).

O inseticida teflubenzuron foi inócuo ao predador em todos os testes em que foi submetido, exceto no de laboratório expandido com ninfas de *M. basicornis*, no qual foi considerado levemente nocivo. Dos produtos avaliados, teflubenzuron é o único que não possui ação translaminar, entretanto pode ter ocorrido a contaminação do aparelho bucal das ninfas de *M. basicornis* com partículas do inseticida presentes na superfície foliar no ato de forrageamento do material vegetal, e conseqüentemente ingestão das moléculas do inseticida, o que pode ter ocasionado maior mortalidade das ninfas no bioensaio de laboratório expandido quando comparado ao bioensaio com substrato inerte. Teflubenzuron atua sobre a biossíntese de quitina, portanto é esperado que atue sobre as fases jovens dos insetos (SUN et al., 2015), sendo assim provocou pouco efeito sobre adultos.

De acordo com Sun et al. (2015) inseticidas da classe das benzoilureias como teflubenzuron causam baixos efeitos tóxicos sobre insetos predadores. Corroborando com esta observação, Brown et al. (2003) constataram que este inseticida não reduziu a sobrevivência de adultos de *O. laevigatus*.

Os testes de persistência demonstraram que teflubenzuron, cloridrato de cartape e clorantraniliprole apresentaram vida curta, causando menos de 30% de mortalidade aos 2 dias de sua aplicação. Os inseticidas abamectina e clorfenapir

provocaram altas mortalidades aos 2 dias de sua aplicação e menos de 30% de mortalidade aos 11 dias, sendo por isto considerados como levemente persistentes. De acordo com Ohta & Takeda (2015), abamectina e clorfenapir não apresentaram efeitos letais sobre adultos do parasitoide *A. gifuensis* que foram expostos a uma placa de vidro aos 3 e 5 dias de sua contaminação.

A redução do efeito letal destes produtos com o passar do tempo pode estar relacionada com o efeito da radiação luminosa incidindo sobre as plantas de tomateiro na casa de vegetação, no processo conhecido como fotodegradação ou fotólise, causando a quebra das moléculas inseticidas pela absorção da luz solar (YU, 2008). Biondi et al. (2012) constataram alta persistência de abamectina para o predador *O. laevigatus* quando aplicado em plantas de tomateiro e mencionaram que a lenta degradação do produto pode estar relacionada às condições de baixa exposição das plantas à luz solar.

O presente trabalho permitiu o fornecimento de informações que irão colaborar para o sucesso de programas de manejo integrado da traça-do-tomateiro por meio da compatibilização dos métodos químico e biológico utilizando o predador *M. basicornis*.

8 CONCLUSÕES

Foi possível concluir que os inseticidas abamectina, clorfenapir e cloridrato de cartape foram tóxicos para *M. basicornis*, e portanto não devem ser utilizados em programas de manejo integrado de pragas (MIP) do tomateiro onde se deseja a preservação deste predador. Os inseticidas teflubenzuron e clorantraniliprole foram seletivos para *M. basicornis*, entretanto, recomenda-se que novas pesquisas com estes compostos sejam realizadas visando avaliar os seus efeitos subletais, ou seja, como influenciam na capacidade de busca e na taxa de predação, bem como em gerações posteriores do predador.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, S.; PÉREZ-HEDO, M.; COLAZZA, S.; URBANEJA, A. The predatory mirid *Dicyphus marrocanus* as a new potential biological control agent in tomato crops. **Biological Control**, v. 59, p. 565-574. 2014.

AGROFIT. Agrofit: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 02/01/2015.

ALVARENGA, M. A. R. Origem, botânica e descrição da planta. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2ª edição**. Lavras, MG: UFLA, 2013 p. 13-21.

AMOR, F.; CHRISTIAENS, O.; BENGOCHEA, P.; MEDINA, P.; ROUGÉ, P.; VIÑUELA, E.; SMAGGHE, G. Selectivity of diacylhydrazine insecticides to the predatory bug *Orius laevigatus*: *in vivo* and modeling/docking experiments. **Pest Management Science**, v. 68, p. 1586-1594. 2012.

ARNÓ J, SORRIBAS R, PRAT M, MATAS M, POZO C, RODRIGUEZ D. *Tuta absoluta*, a new pest in IPM tomatoes in the northeast of Spain. **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 49, p. 203-208, 2009a.

ARNÓ J.; CASTAÑÉ C.; RIUDAVETS J.; GABARRA R. Risk of damage to tomato crops by the generalist zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 100, p. 105-115, 2009b.

ARNÓ, J.; GABARRA, R. Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). **Journal of Pest Science**, v. 84, n. 4, p. 513-520, 2011.

BABU, J. R. Avermectins: Biological and pesticidal activities. In: CUTLER, H. G. **Biologically Active Natural Products**, ACS Symposium Series No. 380, 1988, p. 91-108.

BACCI, L.; PEREIRA, E. J. G.; CRESPO, A. L. B.; PICANÇO, M. C.; COUTINHO, D. C.; SENA, M. E. Eficiência e seletividade de inseticidas para o manejo de mosca branca e inimigos naturais em melancia. **Ceres**, v. 54, n. 311, p. 47-54. 2007.

BACKER, L.; MEGIDO, R. C.; HAUBRUGE, É.; VERHEGGEN, F. J. *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) as an efficient predator of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Europe: A review. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, v. 18, n° 4, pg. 536-543. 2014.

BAETAN, R.; OLTEAN, I.; ADDANTE, R.; PORCELLI, F. *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), (Lepidoptera: Gelechiidae) Adult Feeding on Tomato Leaves. Notes on the Behaviour and the Morphology of the Parts Related. **Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca**, vol. 72, n. 1, p. 6-8. 2015.

BALZAN, M. V.; MOONEN, A. C. Management strategies for the control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) damage in open-field cultivations of processing tomato in Tuscany (Italy). **EPPO Bulletin**, v. 42, n. 2, p. 217-225, 2012.

BIONDI, A.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; ZAPPALÀ, L. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agentes: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere**, v. 87, p. 803-812, 2012.

BORGONI, P. C.; SILVA, R. A.; CARVALHO, S. G. Leaf mesophyll consumption by *Tuta absoluta* (Meirick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in three cultivars of *Cycopersicon esculentum* Mill. **Ciência rural**, v. 33, p. 7-11. 2003.

BROWN, A. S. S.; SIMMONDS, M. S. J.; BLANEY, W. M. Influence of a short exposure to teflubenzuron residues on the predator of thrips by *Iphiseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae) and *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae). **Pest Management Science**, v. 59, p. 1255-1259, 2003.

BRUGGER, K. E.; COLE, P. G. NEWMAN, I. C.; PARKER, N.; SCHOLZ, B.; SUVAGIA, P. WALKER, G.; HAMMOND, T. G. Selectivity of chlorantraniliprole to parasitoid wasps. **Pest Management Science**, v. 66, n. 10, p. 1075-1081, 2010.

BUENO, V. H. P.; MONTES, F. C. PEREIRA, A. M. C.; LINS JR., J. C. VAN LENTEREN, J. C. Can recently found Brazilian hemipteran predatory bugs control *Tuta absoluta*? **Intregated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate, IOBC-WPRS Bull**, v. 80, p. 63-67. 2012.

BUENO, V. H. P.; VAN LENTEREN, J. C.; LINS, J. C.; CALIXTO, A. M.; MONTES, F. C.; SILVA, D. B.; PÉREZ, L. M. New records of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) predation by Brazilian Hemipteran predatory bugs. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1-2, p. 29-34, 2013a.

BUENO, V. H. P.; VAN LENTEREN, J. C.; LINS JR., J. C.; MONTES, F. C.; CALIXTO, A. M.; SILVA, D. B. Biological control of *Tuta absoluta*: sampling and evaluation of new hemipteran predators found in Brazil. In: Mason, P. G.; Gillespie, D. R.; Vincent, C. **Proceedings of the 4th International Symposium on Biological Control of Arthropods**. Pucón, Chile, pg. 269-272, 2013b.

CALVO J.; BELDA J.E.; GIMÉNEZ A. Una nueva estrategia para el control biológico de mosca blanca y *Tuta absoluta* en tomate. **Phytoma España**, v. 216, p. 46-52, 2010.

CALVO, F.J.; SORIANO, J.; BOLCKMANS, K.; BELDA, J. E. A successful method for whitefly and *Tuta absoluta* control in tomato. Evaluation after two years of application in practice. **IOBC/WPRS Bull**, v. 80, pg. 237-244. 2012.

CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function – 5th edition** / edited by SIMPSON J. S.; DOUGLAS, A. E. Cambridge University Press. 2013. 929 p.

CROFT, B.A. **Arthropod biological control agentes and pesticides**. Environmental Science and Technology. New York: Wiley-Interscience, 1990. 723 p.

DEGRANDE, P.E.; REIS, P. R.; CARVALHO, G. A.; BELARMINO, L. C. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: PARRA, J, R, P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico no Brasil – Parasitóides e predadores**. Editora Manolé, São Paulo, 2002. 635 p.

DESNEUX, N.; WAJNBERG, E.; WYCKHUYS, K. A. G.; BURGIO, G.; ARPAIA, S.; NARVÁEZ-VASQUEZ, C. A.; URBANEJA, A. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. **Journal of Pest Science**, v. 83, n. 3, p. 197-215, 2010.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em 26/10/2015.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. List of pesticides evaluated by JMPR and JMPS. Chloranthraniliprole (2008). Disponível em http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation08/Chloranthraniliprole.pdf. Acesso em 20/10/2015.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. List of pesticides evaluated by JMPR and JMPS. Chlorfenapyr (2012). Disponível em

http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation12/Chlorfenapyr.pdf. Acesso em 20/10/2015.

FERRARA, F. A. A.; VILELA, E. F.; JHAM, G. N.; EIRAS, A. E.; PICANÇO, M. C.; ATTYGALLE, A. S.; FRIGHETTO, R. T. S.; MEINWALD, J. Evaluation of the synthetic major component of the sex pheromone of *Tuta absoluta* (Meirick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 27, n. 5, p. 907-917. 2001.

FOERSTER, L. A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico no Brasil – Parasitoides e predadores**. Editora Manolé, São Paulo, 2002. 635 p.

GABARRA, R.; ARNÓ, J.; LARA, L.; VERDÚ, M. J.; RIBES, A.; BEITIA, F.; URBANEJA, A.; TÉLLEZ, M. A.; MOLLÁ, A.; RIUDAVETS, J. Native parasitoids associated with *Tuta absoluta* in the tomato production areas of the Spanish Mediterranean Coast. **Biological Control**, v. 59, n. 1, p. 45-54, 2013.

GHONEIM, K. Predatory insects and arachnids as potential biological control agents against the invasive tomato leafminer, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae), in perspective and prospective. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 2, n. 2, pg. 52-71. 2014.

GONRING, A.H.R.; DEMANT, L.A.; SILVA, F.M.A.; GARCIA, O.J. Prêmio® (rynaxypyr™): novo modo de ação no controle de lagartas desfolhadoras em repolho, batata e tomate. **Resumos do XXII Congresso Brasileiro de Entomologia**, Uberlândia – MG. 2008.

GONTIJO, L. M.; CELESTINO, D.; QUEIROZ, O. S.; GUEDES, R. N. C.; PICANÇO, M. C. Impacts of azadirachtin and chlorantraniliprole on the developmental stages of pirate bug predators (Hemiptera: Anthocoridae) of the tomato pinworm *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Florida Entomologist**, v. 98, n° 1, pg. 59-64. 2014.

GONTIJO, P. C.; MOSCARDINI, V. F.; MICHAUD, J. P.; CARVALHO, G. A. Non-target effects of two sunflower seed treatments on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). **Pest Management Science**, v. 87, n. 4, p. 711-719, 2014.

GUEDES, R. N. C.; PICANÇO, M. C. The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. **EPPO Bulletin**, v. 42, n. 2, p. 211-216, 2012.

HAJI, F.N.P. Nova praga do tomateiro no Vale do Salitre no Estado da Bahia. **EMBRAPA-CPATSA - Comunicado técnico 10**, 2 p. 1982.

HAJI, F. M. P.; PARRA, J. R. P.; SILVA, J. P.; BATISTA, J. G. S. Biologia da traça do tomateiro sob condições de laboratório. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 23, n. 2, p. 107-110. 1988.

HARDY, C. M. Resistance is not futile: It shapes insecticide discovery. **Insects**, v. 5, pg. 227-242, 2014.

HASSAN, S. A. Activities of the IOBC/WPRS Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 17, n. 10, p. 1-5, 1994.

HENRY, L. M.; HERNANDEZ, T. J. **The plant bugs, or Miridae (Hemiptera: Heteroptera), of Cuba**. Pensoft Series Faunistica, n. 92, 212 p., 2010.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2015.
Disponível em:
ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa_201501.pdf. Acesso em:
31/08/2015.

IRAC. Insecticide Resistance Action Committee. Mode of Action Classification Brochure. Fifth edition, December 2015. Disponível em: <http://www.irc-online.org/documents/moa-brochure/?ext=pdf>. Acesso em 21/01/2016.

LANKAS, G. R.; GORDON, L. R. Toxicology. In: CAMPBELL, W. C. **Ivermectin and abamectin**. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. 363 p. 1989.

LEE, S. J.; CABONI, P.; TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Cartap hydrolysis relative to its action at the insect nicotinic channel. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 1, p. 95-98. 2004.

LIETTI M. M. M.; BOTTO, E.; ALZOGARAY, R.A. Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 113-119, 2005.

LOSEY, J. E.; VAUGHAN, M. The economic value of ecological services provided by insects. **BioScience**, v. 56, n. 4, p. 311-323. 2006.

MARTINO, A. F.; SERAPHIDES, N.; STAVRINDES, M. C. Lethal and behavioral effects of pesticides on the insect predator *Macrolophus pygmaeus*. **Chemosphere**, v. 96, p. 167-173, 2014.

MELO, M.; DELLAPE, P.; CARPINTEDO, D.; COSCARON, M. Reduviidae, Miridae and Lygaeoidea (Hemiptera) collected in Colonia Carlos Pellegrini (Iberá watershed, Corrientes, Argentina). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 63, p. 59-67, 2004.

MOLLÁ, O.; ALONSO, M. MONTÓN, H.; BEITIA, F.; VERDÚ, M. J.; GONZÁLEZ-CABRERA, J.; URBANEJA, A. Control Biológico de *Tuta absoluta*. Catalogación de enemigos naturales y potencial de los míridos depredadores como agentes de control. **Phytoma España**, v. 217, pg. 42-46. 2010.

MOLLÁ O.; GONZÁLEZ-CABRERA J.; URBANEJA A. The combined use of *Bacillus thuringiensis* and *Nesidiocoris tenuis* against the tomato borer *Tuta absoluta*. **Biological Control**, v. 56, n. 6, p. 883–891, 2011.

MONTES, F.C. Características biológicas dos estágios imaturos de três predadores (Hem. Miridae) alimentados com ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lep.: Pyralidae) em cinco temperaturas. Dissertação – **Universidade Federal de Lavras**. 2013. 57 p.

MORENO, S. C.; CARVALHO, G. A.; PICANÇO, M. C.; MORAIS, E.G.F.; PEREIRA, R.M. Bioactivity of compounds from *Acmella oleracea* against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) and selectivity to two non-target species. **Pest Management Science**, v. 68, n. 3, p. 386-393, 2012.

MOSCARDINI, V. F., GONTIJO, C., CARVALHO, G. A., OLIVEIRA, R. L. DE, MAIA, J. B., & FONSECA, F. Toxicity and sublethal effects of seven insecticides to eggs of the flower bug *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). **Chemosphere – Environmental Toxicology and Risk Assessment**, v. 92, n. 5, p. 490-496, 2013.

NANNINI, M. Preliminary evaluation of *Macrolophus pygmaeus* for control of *Tuta absoluta*. **IOBC/WRPS Bulletins**, v. 49, p. 215-218, 2009.

OHTA, I.; TAKEDA, M. Acute toxicities of 42 pesticides used for green peppers to an aphid parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae), in adult and mummy stages. **Applied Entomology and Zoology**, v. 50, n. 2, p. 207-212, 2015.

OLIVEIRA, C. M.; JUNIOR, V. C. A.; MALUF, W. R.; NEIVA, I. P.; MACIEL, G. M. Resistance of tomato strains to the moth *Tuta absoluta* imparted by allelochemicals and trichome density. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 1, p. 45-52. 2012.

PEREIRA, R. R.; PICANÇO, M. C.; SANTANA JR, P. A.; MOREIRA, S. S.; GUEDES, R. N. C.; CORRÊA, A. S. Insecticide toxicity and walking response

of three pirate bug predators of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 16, p. 293-301, 2014.

PIRES, L. M.; MARQUES, E. J.; OLIVEIRA, J. V.; ALVES, S. B. Seleção de isolados de fungos entomopatogênicos para o controle de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) e sua compatibilidade com alguns inseticidas usados na cultura do tomateiro. **Neotropical entomology**, v. 39, n. 6, p. 977-984. 2010.

POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLI, D.; VIANNA, U. R.; OLIVEIRA, R. G. S.; ANDRADE, G. S. Interação entre inimigos naturais: *Trichogramma* e *Bacillus thuringiensis* no controle biológico de pragas agrícolas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 233-239. 2006.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>. 2015.

ROBERTS, T. R.; HUTSON, D. H. **Metabolic Pathways of Agrochemicals: Insecticides and fungicides**. Royal Society of Chemistry, 1475 p. 1998.

ROCHA, L.C. D.; CARVALHO, G. A.; MOURA, P. A.; COSME, L. V.; VILELA, F. Z. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados na cultura do crisântemo para ovos e ninfas de *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 1, p. 83-92, 2006.

SÁNCHEZ-BAYO. Insecticides mode of action in relation to their toxicity to non-target organisms. **Journal of Environmental & Analytical Toxicology**, v. 4, n. 2, p. 1-9, 2012.

SCHEEPMAKER, J. W. A. Environmental risk limits for teflubenzuron. **RIVM Letter report**. National Institute for Public Health and the Environment. 601716023/2008. 2008.

SCHNEIDER-ORELLI, O. Entomologisches Praktikum 2nd ed. H. R. Sauerlander, Aarau-Switzerland. 1947.

SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A.; ALVARENGA, M. A. R. Pragas. In: ALVARENGA, M.A.R. **Tomate – Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia - 2ª edição**. Lavras, MG: UFLA, 2013, p. 355 – 412.

SILVA, G. A.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; CRESPO, A. L. B.; ROSADO, J. F.; GUEDES, R. N. C. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. **Pest Management Science**, v. 67, p. 913-920, 2011.

SINGH, K. D. **Pesticide Chemistry and Toxicology**. Bentham Science Publishers, 150 p. 2012.

SUN, R.; LIU, C.; ZHANG, H.; WANG, Q. Benzoylurea chitin synthesis inhibitors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 6847-6865, 2015.

TEIXEIRA, L. A.; ANDALORO, J. T. Diamide insecticides: global efforts to address insect resistance stewardship challenges. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 106, p. 76-78. 2013.

TERZIDIS, A. N.; WILCOCKSON, S. LEIFERT, C. The tomato leaf miner (*Tuta absoluta*): a conventional pest problem, organic management solution? **Organic Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 43-61, 2014.

TORRES, J. B.; EVANGELISTA JR, W. S. BARRAS, R.; GUEDES, N. C. Dispersal of *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatomidae) nymphs preying on tomato leafminer: effect of predator release time, density and satiation level. **Journal of Applied Entomology**, v. 136, p. 326-332. 2002.

TROPEA GARZIA, G.; SISCARO, G.; BIONDI, A.; ZAPPALÀ, L. *Tuta absoluta*, na exotic invasive pest from South America now in the EPPO region: biology, distribution and damage. **EPPO Bulletin**, v. 42, p. 205-210. 2012.

TUNAZ, H.; UYGUN, N. Insect growth regulators for insect pest control. **The Turkish Journal of Agriculture and Forestry**. Ankara, v.28, p.377-387, 2004.

TURNER, M. J.; SCHAFFER, J. M. Mode of action of ivermectin. In: CAMPBELL, W. C. **Ivermectin and abamectin**. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. 363 p. 1989.

URBANEJA, A.; MONTON, H.; MOLLA, O. Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus caliginosus* and *Nesidiocoris tenuis*. **Journal of Applied Entomology**, v. 133, n. 4, p. 292-296, 2009.

URBANEJA, A.; GONZÁLEZ-CABRERA, J., ARNÓ, J., & GABARRA, R. Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. **Pest Management Science**, v. 68, n. 9, p. 1215-1222, 2012.

VAN LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **Biological Control**, v. 57, n. 1, p.1–20, 2011.

VILLAS BÔAS, G. L.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. A. Manejo integrado da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) em Sistema de Produção Integrada de Tomate Indústria (PITI). **EMBRAPA – Circular Técnica**, n. 73, 16 p. ISSN 1415-3033. 2009.

WISLOCKI, P. G.; GROSSO, L. S. DYBAS, R. A. Environmental aspects of abamectin use in crop protection. In: CAMPBELL, W. C. **Ivermectin and abamectin**. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. 363 p. 1989.

YU, S. J. **The toxicology and biochemistry of insecticides**. CRC Press. 276 p. 2008.

ZOTTI, J. M.; CHRISTIAENS, O.; ROUGÉ, P.; GRUTZMACHER, A. D.; ZIMMER, P. D.; SMAGGHE, G. Sequencing and structural homology modeling of the ecdysone receptor in two chrysopids used in biological control of pest insects. **Ecotoxicology**, v. 21, p. 906-918. 2012.

ZUCCHI, R.A., S., SILVEIRA NETO, O., NAKANO. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 139p.